

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-156667

(43)Date of publication of application : 31.05.2002

(51)Int.Cl.

G02F 1/313

G02B 6/293

G02F 1/01

H04B 10/02

H04J 14/00

H04J 14/02

(21)Application number : 2000-353479

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 20.11.2000

(72)Inventor : IZUMI FUTOSHI

MORI SHOTA

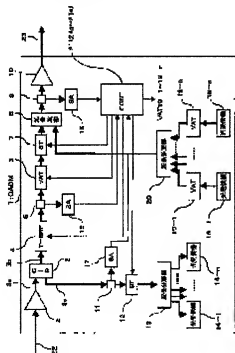
## (54) APPARATUS FOR OPTICAL BRANCHING/INSERTION

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize an apparatus for optical branching/insertion with a small loss which can freely select a light having arbitrary wavelength from a wavelength multiplexed light signal and can drop it, without requiring the replacement or the extension/diminution of a light reflection device such as a Bragg reflection filter, even when an ad/drop wavelength (particularly drop wavelength) are changed.

**SOLUTION:** The apparatus for optical branching/insertion is provided with a reflective wavelength variable type light reflection part 4 which can vary the reflective wavelength of inputted wavelength multiplexed light, an optical branching part 3 which takes out light reflected by the light reflection part 4 as branched light of wavelength multiplexed light, an optical insertion part 8 which adds light having a wavelength corresponding to the branched light to

passing light without being reflected by the light reflection part 4 as inserted light, and a reflective wavelength control part 21a to control the reflective wavelength of the light reflection part 4 according to the wavelength subjected to the optical branching.



## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]A reflected wave length good transformation light reflection section variable in reflected wave length to inputted wavelength multiplexing light, A light branching part which takes out catoptric light by this reflected wave length good transformation light reflection section as a beam branch of this wavelength multiplexing light, An optical insert portion which adds light of wavelength corresponding to this beam branch to a passing beam which has passed without being reflected by this reflected wave length good transformation light reflection section as an insertion light, The light branching / insertion device offering a reflected wave length control section which controls reflected wave length of this reflected wave length good transformation light reflection section according to wavelength for light branching.

[Claim 2]While the series connection of two or more good light variation reflective devices with which reflected wave length to this wavelength multiplexing light responded to the number of wavelength multiplexing of this wavelength multiplexing light with variable, respectively is carried out mutually and they are constituted, this reflected wave length good transformation light reflection section, The light branching / the insertion device according to claim 1 constituting so that this reflected wave length control section may control reflected wave length of a good light variation reflective device corresponding to wavelength for [ this ] light branching on wavelength for [ this ] light branching.

[Claim 3]While this good light variation reflective device is constituted as a variable Bragg reflection filter which has the same reflected wave length at the time of non-voltage impressing and with which this reflected wave length is changed according to impressed electromotive force, respectively, At the time [ control section / this / reflected wave length ] of non-light branching, this reflected wave length of this variable Bragg reflection filter is located between wavelength from which this wavelength multiplexing light differs, respectively, The light branching / the insertion device according to claim 2 constituting so that voltage may be impressed to a variable Bragg reflection filter with which this reflected wave length is located between wavelength which sets at the time of light branching and contains wavelength for [ this ] light branching and this reflected wave length may be changed into wavelength for [ this ] light branching.

[Claim 4]. This beam branch from this light branching part is considered as an input, and it is characterized by providing a backlight reflection part with the reflection position characteristic that the reflection position characteristic which this reflected wave length good transformation light reflection section decided

according to connection order of this good light variation reflective device in this reflected wave length good transformation light reflection section has is reverse. The light branching / the insertion device according to claim 2 or 3.

[Claim 5] While a monitor means which monitors a part of this beam branch from this light branching part, a passing beam which passed this reflected wave length good transformation light reflection section, and the wavelength multiplexing light from this optical insert portion, or all the spectra is established, Light branching / insertion device given in any 1 paragraph of claims 2-4, wherein this reflected wave length control section is constituted so that this reflected wave length may be controlled based on a spectrum monitored result in this monitor means.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention is used for WDM light transmission systems, and relates to suitable light branching / insertion device.

[0002]

[Description of the Prior Art] A communication apparatus which used the wavelength multiplexing (WDM: Wavelength Division Multiplex) art known as a mass optical transmission means in recent years. (Hereafter, it is called a WDM device or is called a node) is incorporated into a network, and the capability to balance the communication demand which continues increasing is being obtained.

[0003] In the network (WDM light transmission systems) using such WDM art. Usually, the inside of the light by which wavelength multiplexing was carried out, By that of choosing one or more arbitrary wavelength (channel), and dissociating or (drops) carrying out multiplex (ad). The optical cross-connect system (OXC: Optical Cross-Connect) which can switch the light of the optical ad / drop device (OADM: Optical Add Drop Multiplexer) to cut, or an arbitrary wavelength to arbitrary routes is needed.

[0004] Here, composition as shows drawing 21 OADM is taken, for example. That is, it is the composition of amplifying the received WDM light signal with the optical amplifier 101, carrying out wavelength multiplexing to the light which separates into the light which carries out through [ of the WDM light signal after amplification ] in the light separating part 102, and the light to drop, and carries out the ad of the light which carries out through further in the Mitsuta pile part 103, and amplifying and transmitting with the optical amplifier 104.

[0005] Thus, since drops or the optical devices (the light separating part 102 and the Mitsuta pile part 103) which carry out an ad can realize comparatively easily wavelength always defined beforehand, it is satisfactory, if the wavelength beforehand used in a node is assigned intentionally and a network is constituted. However, when a required wavelength number must become insufficient with the wavelength number defined beforehand by change of communication demand, etc. or a drops (through) light wavelength must be changed after building a network, extension and exchange of optical devices are needed.

[0006] In such a case, a cutting condition fake colander will once be obtained, the wavelength (through light

wavelength) with which communication between nodes other than the node is presented will be lost, and only one change (construction) will have big influence on the whole network. Although it is necessary to construct by transferring a circuit in this case, a WDM device needs immense expense/equipment also for transferring in order to communicate a lot of information by one optical fiber.

[0007]For this reason, the demand of OADM which can change the ad/drops of arbitrary wavelength dynamically without affecting other wavelength is increasing. Having stated above is same also about OXC. Then, as shown, for example in drawing 22, how to perform OADM in the back two back between the receiving end node 100 and the transmitting end node 200 (between TERM-TERM) is considered these days. [0008]Namely, since optical devices which choose arbitrary wavelength under the present circumstances, and separate only the wavelength are unrealizable, In the receiving end node 100, the optical waveguide type (AWG:Arrayed WaveGuide) filter 113 etc. separate the full wave length of a WDM light signal, In [ choose / which carries out through with the optical switch 114 for every wavelength in the stage / or or / whether it drops, and ] the transmitting end node 200, It is the method of realizing a function equivalent to OADM by choosing [ which carries out through with the optical switch 211 for every wavelength / or or ] whether an ad being carried out, and carrying out wavelength multiplexing of the light of each wavelength with the AWG filter 212 etc.

[0009]In this drawing 22, the numerals 111 (214), The optical amplifier and the numerals 112 (213) which amplify a receiving (transmission) WDM light signal, Usually, it is provided when transmitting the WDM light signal modulated with the modulation rate more than 10 Gbps (a gigabit/second), and the dispersion compensating fiber (DCF:Dispersion Compensation Fiber) for compensating the wavelength dispersion of a WDM light signal is expressed, respectively.

[0010]However, in the method of separating all the wavelength by which wavelength multiplexing was carried out in this way for every wave, and choosing with the optical switch 114 (211). A loss (insertion loss) with the AWG filter 113 (212) is large, and since it is necessary to insert the optical switch 114 (211) for every wavelength, insertion loss not only becomes still larger, but a device scale becomes large-scale. When DCF112 (213) is provided, insertion loss becomes large further. When the single mode fiber (SMF) is especially used for the optical transmission line, since DCF112 (213) with large dispersion compensation quantity is required, a loss also becomes large.

[0011]In such a case, since the whole insertion loss is set to not less than 16 dB, the gain which must be compensated between the optical amplifier 111,214 becomes very large. For this reason, in order to acquire a big profit to the optical amplifier 111, it is [ high-output pump laser / two or more ] necessary, and it is dramatically uneconomical. Since re multiplex of the light of each wavelength is carried out via the separate optical waveguide and the optical course which it became independent by passing the AWG filter 113 (212) and the optical switch 114 (211), respectively, it cannot expect attenuation by uniform loss about the light power of the through direction.

[0012]For this reason, the loss difference (tilt) for every wavelength will occur in the light by which re multiplex is carried out, and it will have not the uniform optical transmission (loss) characteristic but the transmission (loss) characteristic (wavelength dependency) partial on each wavelength. since a possibility that the above-mentioned tilt will accumulate and increase becomes high in going via two or more nodes of composition as especially mentioned above, on a certain wavelength (channel), it is satisfactory — on other

wavelength, the phenomenon in which an error occurs will arise also according to transmission distance.

[0013]Then, realizing OADM is also considered using the Bragg reflection filter and the optical circulator as conventionally proposed by JP,9-243957,A etc., for example. That is, as shown, for example in drawing 23, when an ad/dropping are assumed for the wavelength  $\lambda_1$  and the light of  $\lambda_2$ , respectively, the optical circulators 301 and 302, the Bragg reflection filters 321-324, and the isolator 325 are offered, and OADM300 is constituted. A "Bragg reflection filter" is a thing in which the grating was formed so that only the light of specific wavelength may be efficient to an optical waveguide and may reflect in it, and it is known that insertion loss is dramatically low.

[0014]Here, the above-mentioned optical circulator 301 outputs the input light (WDM light) from the terminal 301a to the terminal 301b.

On the other hand, it has the characteristic which outputs the input light from the terminal 301b to the terminal 301c, and while the optical circulator 302 outputs the input light from the terminal 302a to the terminal 302b, it has the characteristic which outputs the input light from the terminal 302b to the terminal 302c.

[0015]The Bragg reflection filter 321,323, It is formed by the grating that only the light of the wavelength  $\lambda_1$  should be reflected, respectively, and the Bragg reflection filter 322,324, A grating is formed that only the light of the wavelength  $\lambda_2$  should be reflected, respectively, and the isolator 325 has the characteristic which prevents propagation of the light to the direction of reverse (optical circulator 302→301).

[0016]The ad / drops operation by OADM300 constituted are as follows like \*\*\*\*. That is, the input light (WDM light) to the terminal [ on the other hand / (for drops) ] 301a of the optical circulator 301 is outputted to the terminal 301b, and is led to the Bragg reflection filter 321,322, and the wavelength  $\lambda_1$  and the light of  $\lambda_2$  are reflected in each. This catoptric light is reinpitted by the terminal 301b of the optical circulator 301, is outputted to the terminal 301c, and is outputted as drop light.

[0017]On the other hand, it is outputted to the terminal 302b, is led to the Bragg reflection filter 324,323, it is reflected in each, and the wavelength  $\lambda_1$  and the ad light of  $\lambda_2$  which were inputted into the terminal 302a of the optical circulator 302 of another side (for ads) return to the terminal 302b. Thereby, it is multiplexed by the light (through light) and the optical circulator 302 which have passed the same optical course without being reflected with the Bragg reflection filters 321-324, and this catoptric light is outputted from the terminal 302c.

[0018]Now, when the wavelength  $\lambda_1$  and no ingredient of  $\lambda_2$  are able to be reflected with the above-mentioned Bragg reflection filter 321,322, the leakage components will spread to the optical circulator 302 side here, but. It is again reflected with the Bragg reflection filter 323,324, and is inputted into the isolator 325. As a result, the above-mentioned leakage components disappear with the isolator 325. Similarly, it disappears with the isolator 325 also about the leakage components in the Bragg reflection filter 323,324 of ad light.

[0019]Thus, by using the Bragg reflection filters 321-324 and the optical circulator 301,302 of low insertion loss in conventional OADM300, As compared with the case where the AWG filter 113 (212) and the optical switch 114 (211) are used, insertion loss can be reduced substantially, and since the optical course of

through light is the same on each wavelength, a tilt is not generated in through light, either. In this case, since the interference to the ad light (drop light) of the leakage components of drop light (ad light) is also controlled by the isolator 325, the transmission characteristic of OADM300 can be improved.

[0020]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, by change of communication demand, such conventional OADM300 needs to exchange a Bragg reflection filter for an ad/drop wavelength, when change is required, or it is necessary to extend or \*\*\*\* it. For this reason, too, a cutting condition fake colander will once be obtained, through light will be lost, and the technical problem that one change (construction) will affect and carry out big influence to the whole network will remain.

[0021]It was originated in view of such a technical problem, and this invention is low-loss, and moreover, it aims at providing the light branching / insertion device which can choose the light of an arbitrary wavelength freely and can drop it from wavelength multiplexing light, without requiring exchange of light reflex devices, such as a Bragg reflection filter, and extension/\*\*\*\*, even if change arises in a drop wavelength (beam branch wavelength).

[0022]

[Means for Solving the Problem]In order to attain the above-mentioned purpose the light branching / insertion device of this invention (claim 1), A reflected wave length good transformation light reflection section variable in reflected wave length to inputted wavelength multiplexing light, A light branching part which takes out catoptric light by this reflected wave length good transformation light reflection section as a beam branch of this wavelength multiplexing light, It is characterized by offering an optical insert portion which adds light of wavelength corresponding to this beam branch to a passing beam which has passed without being reflected by this reflected wave length good transformation light reflection section as an insertion light, and a reflected wave length control section which controls reflected wave length of the above-mentioned reflected wave length good transformation light reflection section according to wavelength for light branching.

[0023]The series connection of two or more good light variation reflective devices with which reflected wave length to this wavelength multiplexing light responded to the number of wavelength multiplexing of this wavelength multiplexing light with variable, respectively is carried out mutually, and the above-mentioned reflected wave length good transformation light reflection section is constituted here, The above-mentioned reflected wave length control section may be constituted so that reflected wave length of a good light variation reflective device corresponding to wavelength for [ this ] light branching may be controlled on wavelength for [ this ] light branching (claim 2).

[0024]While each of above-mentioned good light variation reflective devices are constituted as a variable Bragg reflection filter which has the same reflected wave length at the time of non-voltage impressing and with which this reflected wave length is changed according to impressed electromotive force, respectively, At the time [ control section / above-mentioned / reflected wave length ] of non-light branching, reflected wave length of the above-mentioned variable Bragg reflection filter is located between wavelength from which the above-mentioned wavelength multiplexing light differs, respectively, It may be constituted so that voltage may be impressed to a variable Bragg reflection filter with which reflected wave length is located between wavelength which sets at the time of light branching and contains wavelength for

[ above-mentioned ] light branching and the reflected wave length may be changed into wavelength for [ above-mentioned ] light branching (claim 3).

[0025]A beam branch from the above-mentioned light branching part is considered as an input, and a backlight reflection part with the reflection position characteristic that the reflection position characteristic which the above-mentioned reflected wave length good transformation light reflection section has is reverse may be provided in this light branching / insertion device. The above-mentioned "reflection position characteristic" is decided according to connection order of a good light variation reflective device in the above-mentioned reflected wave length good transformation light reflection section (claim 4).

[0026]A monitor means which monitors a part of a beam branch from the above-mentioned light branching part, a passing beam which passed the above-mentioned reflected wave length good transformation light reflection section, and the wavelength multiplexing light from the above-mentioned optical insert portion, or all the spectra to this light branching / insertion device may be established, and In this case. The above-mentioned reflected wave length control section may be constituted so that the above-mentioned reflected wave length may be controlled based on a spectrum monitored result in the above-mentioned monitor means (claim 5).

[0027]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, an embodiment of the invention is described with reference to drawings. OADM1 which drawing 1 is a block diagram showing the composition of OADM as the light branching / an insertion device concerning one embodiment of this invention, and is shown in this drawing 1, If its attention is paid to the important section, The optical amplifier 2 and 10, an optical circulator. (CIR) 3, a variable Bragg reflection filter. (T-BRF:Tunable-Brag.) Reflection. The Filter section 4, the optical couplers 5, 9, and 11, a variable optical attenuator. (VAT) 6 A light shutter. (ST) 7, 12, an optical multiplexing part. (Optical coupler) 8, the wavelength division 13, drops. (Branching) The optical transmitter 18-1 - 18-n, the variable optical attenuator 19-1 - 19-n, the wavelength multiplexing section 20, and the controller 21 for the optical receiver 14-1 for wavelength (n wavelength) - 14-n, spectrum analyzer (SA)15-17, and ad (insertion) wavelength (n wavelength) are offered, and it is constituted.

[0028]In this drawing 1, each line (references, such as the numerals 3a and 3b) expressed with the thick line expresses the optical course (optical line) to which optical transmission is carried out, and the line expressed with the thin solid line expresses the electric path to which transmission with an electrical signal is carried out. The numerals 22 and 23 all express an optical (fiber) transmission line. The above-mentioned optical amplifier 2 is the receiving WDM light from the optical transmission line 22 for carrying out package (common) amplification (introduction amplification) even to a necessary light level (power) here, and the optical circulator 3, While outputting the output (WDM light from the optical line 3a) of this optical amplifier 2 to the variable Bragg reflection filter part 4 side (optical line 3b), they are optical devices with the characteristic which outputs the light inputted from the variable Bragg reflection filter part 4 side (optical line 3b) to the optical line 3c.

[0029]The T-BRF part (reflected wave length good transformation light reflection section) 4, It is what reflects only the light of one arbitrary wavelength or two or more (it is n at the maximum) wavelength from two or more wavelength  $\lambda_{1}-\lambda_{N}$  (however, two or more integers with which N is satisfied of  $N>n$ ) by which multiplex is carried out to the WDM light from the optical circulator 3, According to this

embodiment, according to the impressed electromotive force from the controller 21, the reflected wave length can be changed now so that it may mention later.

[0030]The catoptric light by this T-BRF part 4 is outputted to the optical line 3c as drop light by the optical circulator 3, and the light of the remaining wavelength that was not reflected is outputted to the optical coupler 5 side as a passage (through) light. That is, the above-mentioned optical circulator 3 has played a role of a light branching part which takes out the catoptric light by the variable reflection part 4 as drop light of WDM light.

[0031]Are for the optical coupler 5 taking out a part of through light from the T-BRF part 4 as input light (monitor light) to the spectrum analyzer 15, and the variable optical attenuator 6, By adjusting the light level (magnitude of attenuation) of through light according to the control signal from the controller 21, Are for adjusting the inputted light level to the latter optical multiplexing part 8, and the light shutter (passing beam output inhibition part) 7, It is for permitting / suspending the output to the optical multiplexing part 8 of through light (prohibition) by being provided between T-BRF4 and the optical multiplexing part 8, and changing the ON/OFF state according to the control signal from the controller 21.

[0032]When the optical multiplexing part (optical insert portion) 8 multiplexes the above-mentioned through light which has passed without being reflected in the T-BRF part 4, and the ad light from the wavelength multiplexing section 20 (wavelength multiplexing), Are for adding ad light to through light and outputting as transmitting WDM light, and the optical coupler 9, Are for taking out a part of output of this optical multiplexing part 8 as monitor light to the spectrum analyzer 16, and the optical amplifier 10, It is for carrying out package (common) amplification of the transmitting WDM light from this optical coupler 9 even at the predetermined light level according to transmission distance, and the transmitting WDM light after amplification is outputted to the optical transmission line 23.

[0033]It is for the optical coupler's 11 taking out a part of drop light from the optical circulator 3, and outputting it as monitor light to the spectrum analyzer 17, The light shutter (beam branch output inhibition part) 12 is for permitting / suspending the output to the wavelength division 13 of drop light like the above-mentioned light shutter 7 by changing the ON/OFF state according to the control from the controller 21 (prohibition).

[0034]For every wave, the wavelength division 13 is the drop light from the light shutter 12 for carrying out a wavelength division, and optical receiver 14-i (however,  $i=1-n$ ), It is for receiving the light of wavelength which corresponds among the wavelength  $\lambda_1$  by which the wavelength division was carried out for every wave by this wavelength division 13 -  $\lambda_{ndan}$ , respectively, and carrying out predetermined receptions, such as photoelectric conversion.

[0035]The spectrum analyzers 15-17, The spectrum of the monitor light inputted from the corresponding above-mentioned optical couplers 5, 9, and 11, respectively is analyzed, The analysis result (spectrum monitored result) is outputted to the controller 21 as information for reflected wave length control of the above-mentioned T-BRF part 4, or magnitude-of-attenuation control of the variable optical attenuator 6 and 19-i.

[0036]That is, these spectrum analyzers 15-17, The monitor means which monitors all the spectra of the drop light from the optical circulator 3, the through light which passed the T-BRF part 4, and the transmitting WDM light from the optical multiplexing part 8 is formed, Based on the spectrum monitored



result in this monitor means, the controller 21 controls the reflected wave length of the T-BRF part 4. The details of the control are mentioned later.

[0037]Next, it is for the above-mentioned optical transmitter 18-i generating and outputting the ad light of the wavelength corresponding to the drop wavelength which should be carried out multiplex (ad) to the above-mentioned through light with pump laser etc., respectively, Variable optical attenuator 19-i is for adjusting the light level of the ad light from corresponding optical transmitter 18-i to a level suitable for the wavelength multiplexing in the wavelength multiplexing section 20 and the optical multiplexing part 8, respectively. Such variable optical attenuator 19-i is also controlled according to the control signal from the controller 21.

[0038]The wavelength multiplexing section 20 carries out wavelength multiplexing of the ad light after the light level adjustment by such optical variable attenuator 19-i, and outputs it to the above-mentioned optical multiplexing part 8. And the controller 21 carries out concentrated control of the operation (an ad / drops operation) of this OADM1, and in this embodiment, if it pays its attention to the function of the important section, it has the following function parts.

[0039](1) The function as the reflected wave length control section 21a which controls the reflected wave length of the T-BRF part 4 according to the wavelength for drops. Specifically based on the above-mentioned analysis result in the spectrum analyzers 15-17, this reflected wave length control is performed so that only the light of the wavelength for drops may be dropped correctly.

(2) The function as the light shutter control section 21b for controlling the light shutters 7 and 12 in a power up etc., and suspending the output of through light and drop light.

[0040](3) Based on the above-mentioned analysis result (getting it blocked each spectrum monitored result of through light and transmitting WDM light) in the spectrum analyzers 15 and 16, the magnitude of attenuation of the variable optical attenuator 6 and 19-i is adjusted, respectively, The function as the variable optical attenuator control section 21c for adjusting the multiplexing level (power) of the through light in the optical multiplexing part 8, and ad light, and the level of transmitting WDM light to the optimal state.

[0041]Now, next, the composition of the above-mentioned T-BRF part 4 is explained in full detail. They are a top view showing typically the T-BRF part 4 of the above [ drawing 2 ], and a mimetic diagram which drawing 3 expands selectively the A-A arrowed cross-section shown in this drawing 2, and is shown, As shown in these drawing 2 and drawing 3, the T-BRF part 4 of this embodiment, The optical waveguide 40 which has the core layer 40a which guides input light (WDM light), and the cladding layers 40b and 40c provided in the double-sided part of this core layer 40a, Two or more electrode 41-i of the shape of a track with width  $x_0$  by which bonding (junction) was carried out for every interval  $x_1$  so that the surface part [ on the other hand / (cladding layer 40b side) ] of this optical waveguide 40 might be intersected with the optical waveguide 40, The electrode 42 of the shape of a substrate joined to the surface part of another side (cladding layer 40c side) is offered, and it is constituted.

[0042]And to the core layer 40a of the above-mentioned optical waveguide 40. As shown in drawing 3, grating 43-i is formed corresponding to wavelength  $\lambda_{\text{drop}}$  for drops, and only the lights of a specified wavelength are scattered about among the WDM light which spreads the core layer 40a in each grating 43-i, and it is efficient and is reflected. That is, the optical waveguide 40 of a portion in which grating 43-i was

formed will form Bragg reflection filter (T-BRF) 40-i (refer to drawing 4), respectively.

[0043]Here, voltage is impressed to the above-mentioned electrode 41-i, if an electric field is added to the optical waveguide 40 of a portion in which grating 43-i was formed, the refractive index of the optical waveguide 40 of the portion will change, and the reflected wave length in grating 43-i will also change with the electric fields according to it. Actually, the variable width of 10 nm (nano meter) – about 105 nm is realizable.

[0044]all are larger than the grating length L (in this case — a part for  $2\Delta x_0$ ), and width  $x_0$  of the above-mentioned electrode 41-i is set up, as shown in drawing 3. This is that the electric field produced in the edge portion of electrode 41-i does not become uniform, when voltage is impressed to electrode 41-i, and it is to prevent a gap from arising in reflected wave length  $\lambda_{dai}$  in grating 43-i.

[0045]As mentioned above, the series connection of two or more variable T-BRF (good light variation reflective device) 40-i is mutually carried out by impressed electromotive force, and the reflected wave length to the WDM light into which this T-BRF part 4 was inputted is constituted, respectively, By changing the impressed electromotive force to electrode 41-i from the controller 21 (reflected wave length control section 21a) mentioned above, it is possible to change the reflected wave length of T-BRF40-i and to drop the light of arbitrary wavelength (through).

[0046]However, in WDM, when changing reflected wave length (getting it blocked drops / through wavelength) in this way, don't affect other wavelength except reflected wave length (this is called non-blocking conditions). So, to each T-BRF40-i, as typically shown, for example in drawing 5, The reflected wave length in the state (at the time of un-dropping) where there is no impressed electromotive force to electrode 41-i. (It is hereafter called default reflected wave length)  $\lambda_{dai}'$  is located between the wavelength grids of drop light (). [ get blocked and ] it is set to  $\lambda_{dai}-1 < \lambda_{dai}' < \lambda_{dai}$  — grating 43-i being formed like, respectively and, If voltage is impressed only to electrode 41-i corresponding to T-BRF40-i to which default reflected wave length  $\lambda_{dai}'$  was set between the wavelength grids containing wavelength  $\lambda_{dai}$  to drop and default reflected wave length  $\lambda_{dai}'$  of the T-BRF40-i is changed into drop wavelength  $\lambda_{dai}$ , The above-mentioned non-blocking conditions can be satisfied.

[0047]Namely, for example, impress prescribed voltage to the electrode 41-1 and default reflected wave length  $\lambda_{dai}'$  of T-BRF 40-1 is changed into the wavelength  $\lambda_{d1}$  to drop the light of the wavelength  $\lambda_{d1}$ , It is condition of impressing prescribed voltage to the electrode 41-2, and changing default reflected wave length  $\lambda_{dai}'$  of T-BRF 40-2 into the wavelength  $\lambda_{d2}$  to drop the light of the wavelength  $\lambda_{d2}$ .

[0048]Thus, if default reflected wave length  $\lambda_{dai}'$  is set up between wavelength grids, they will be through lights other than drop light (wavelength  $\lambda_{dai}$ ). It also becomes possible to remove ASE produced as noise light near [ each ] [the wavelength  $\lambda_{dk}$  (it is  $k=i$  at  $k=1-n$ )]. In this case, although it is a case where one T-BRF40-i is considered as exclusive use at one wavelength  $\lambda_{dai}$ , it is good for two wave  $\lambda_{dai}$  [ of both the sides of default reflected wave length  $\lambda_{dai}'$  ], and  $\lambda_{dai}+1$  also as combination in one T-BRF40-i. When combination is used, as for a drop wavelength, every other wave becomes.

[0049]However, making T-BRF40-i which formed grating 43-i so that default reflected wave length  $\lambda_{dai}'$  might be located between wavelength grids as mentioned above, respectively does not have good manufacturability. Since manufacturability will get worse further if they are array-ized to multistage, cost

becomes high. in order [ then, ] to manufacture more cheaply — every — the default reflected wave length of T-BRF40-i carries out uniformly (for example,  $\lambda_{\text{bda}}$ ), and he may adjust so that the above-mentioned non-blocking conditions may be satisfied with impressed electromotive force.

[0050]Namely, it has the same reflected wave length  $\lambda_{\text{bda}}$  at the time [ i / each / T-BRF40-] of non-voltage impressing respectively, He is changed by the reflected wave length according to impressed electromotive force, and from the controller 21 (reflected wave length control section 21a). At the time of un-dropping, reflected wave length  $\lambda_{\text{bda}}$  of T-BRF40-i is located between the wavelength grids from which WDM light differs, respectively, Prescribed voltage is impressed to T-BRF40-i to which reflected wave length  $\lambda_{\text{bda}}$  is located between the wavelength which sets at the time of drops and contains the wavelength for drops, and reflected wave length  $\lambda_{\text{bda}}$  is changed into wavelength  $\lambda_{\text{bda}}$  for drops.

[0051]Since all grating 43-i formed in each T-BRF40-i may be the same as long as it does in this way, while manufacturability improves substantially, array-ization can be realized easily. What is necessary is to have the basic constitution mentioned above by drawing 2 - drawing 4, respectively, and just to carry out multi stage connection of two or more kinds of T-BRF parts 4 with different default reflected wave length at the time of non-voltage impressing, as shown, for example in drawing 6 when exceeding the controllable wavelength range with impressed electromotive force.

[0052]However, in the composition of the T-BRF part 4 (T-BRF40-i) which thought the above manufacturability as important, the collision of wavelength occurs in a power up. for this reason, when using it as practical OADM1, non-blocking conditions are satisfied with impressed electromotive force — as — every — it is made to stop the output of through light and drop light by the light shutters 7 and 12 mentioned above until adjustment of reflected wave length  $\lambda_{\text{bda}}$  of T-BRF40-i ends Thereby, the reliability and the safety of OADM1 improve.

[0053]When T-BRF40-i which formed grating 43-i beforehand is made so that default reflected wave length  $\lambda_{\text{bda}}$  may be located between wavelength grids, respectively, the above-mentioned light shutters 7 and 12 can be omitted. In order that through light may pass the same optical course by making the T-BRF part 4 the multi-stage-connection composition of T-BRF40-i as mentioned above, the loss difference (tilt) for every [ by the difference in an optical course like / in the case of separating WDM light for every wave ] wavelength is not generated. However, the following tilts will occur in drop light.

[0054]That is, with the light reflected in the position near [ as typically shown in drawing 7 ] the optical circulator 3 among the lights of wavelength  $\lambda_{\text{bda}}$  reflected by T-BRF40-i by which multi stage connection was carried out, and the light reflected in a far position, the optical courses to transmit will differ and a loss will be different. For this reason, since the light power of each wavelength  $\lambda_{\text{bda}}$  in each optical receiver 14-i becomes less uniform, it is not preferred.

[0055]Then, as shown, for example in drawing 8, while providing the same optical circulator 3' as the optical circulator 3 in the drop light side (on the optical line 3c) of the optical circulator 3, The same thing as the above-mentioned T-BRF part 4 is connected for reverse at the output (optical line 3b') side of this optical circulator 3'. In order to distinguish the thing connected for reverse in this way from the T-BRF part 4 below, it is written as "T-BRF part 4'."

[0056]In a position far from optical circulator 3', it will be reflected in T-BRF part 4' as the light reflected in the position near the optical circulator 3 in the T-BRF part 4 by taking such composition, and as a result, It

becomes possible to absorb dispersion in the loss by the difference in the optical course of drop light. That is, above-mentioned T-BRF part 4' considers drop light from the optical circulator 3 as an input, and functions as a backlight reflection part with the reflection position characteristic that the reflection position characteristic which the T-BRF part 4 decided according to the connection order of T-BRF40-i in the T-BRF part 4 has is reverse. Thereby, it can be made Mr. power \*\*\*\* of every [ of drop light ] wavelength  $\lambda_{\text{bdai}}$ , and a phenomenon which an error produces only on a part of wavelength according to transmission distance can be avoided.

[0057] Hereafter, operation of OADM1 of this embodiment constituted like \*\*\*\* is explained in full detail, referring to drawing 9 and drawing 10. First, when the power supply of OADM1 is switched on (Step A1 shown in drawing 9, Step B1 shown in drawing 10), by the controller 21. It rises about the drops (through) direction, and rises about the direction of an ad with control (Steps A2-A8 shown in drawing 9), and control (step B-2 shown in drawing 10 - B5) is carried out. In a power up, the light shutters 7 and 12 presuppose that the magnitude of attenuation is OFF state and variable optical attenuator 19-i in an infinite state (getting it blocked non output state of ad light), respectively, respectively.

[0058] When its attention is paid in the drops (through) direction, here the controller 21, After powering on, first, the thermal control circuit (graphic display abbreviation) of the T-BRF part 4 (4') is driven, and it controls so that the temperature of the T-BRF part 4 (4') becomes fixed (; which prevents change of reflected wave length  $\lambda_{\text{bdai}}$  by a temperature change step A2). Subsequently, the controller 21 performs information setting about light wavelength  $\lambda_{\text{bdai}}$  the wavelength multiplexing states (the number of wavelength multiplexing, etc.) of WDM light, and for drops (ad) (step A3), and controls infinitely the magnitude of attenuation of the variable optical attenuator 6 for through lights (step A4).

[0059] In this state, the controller 21, Voltage control (reflected wave length control) of the T-BRF part 4 (4') is performed so that the impressed electromotive force to T-BRF40-i corresponding to drop wavelength  $\lambda_{\text{bdai}}$  may be controlled based on the above-mentioned contents of information setting and the light of drop wavelength  $\lambda_{\text{bdai}}$  may be reflected in T-BRF40-i (step A5). At this time, the drop light power by which the controller 21 is monitored by the spectrum analyzer 17 serves as the maximum concretely, And the above-mentioned voltage control is performed so that the through light power monitored by the spectrum analyzer 15 may serve as the maximum (drop light power is the minimum). It becomes possible to reflect only the light of a drop wavelength in the T-BRF part 4 (4') thereby very correctly.

[0060] When its attention is paid to starting control of the direction of an ad at this time, on the other hand, the controller 21, By controlling so that the thermal control circuit (graphic display abbreviation) of the wavelength multiplexing section 20 is driven and the temperature of the wavelength multiplexing section 20 becomes fixed first after powering on, as shown in drawing 10, Preventing change of a wavelength multiplexing state by a temperature change (step B-2) it ranks second and the controller 21 performs information setting about light wavelength  $\lambda_{\text{bdai}}$  the wavelength multiplexing states (the number of wavelength multiplexing, etc.) of WDM light, and for drops (ad) (Step B3).

[0061] And when the completion of a warm up after powering on of OADM1 is checked, the controller 21, The light shutters 7 and 12 are controlled to an ON state, respectively (Step A6), Based on the spectrum of the transmitting WDM light monitored by the spectrum analyzer 16, Until the ratio of through light power and

ad light power serves as a suitable value (the same power) and it will be in the optimal state (power) where transmitting WDM light power was set up beforehand, By feedback control, the magnitude of attenuation of the variable optical attenuator 6 and 19-i is gradually decreased from an infinite state (slope control; Step A7, step B4), and the above-mentioned feedback control state is maintained so that the above-mentioned state may be maintained after that (Step A8, step B5).

[0062]Thus, if setting out of drops (through) / ad wavelength is completed, OADM1 will be in an operation state. Namely, the WDM light from the optical transmission line 22 amplified with the optical amplifier 2 is inputted into the T-BRF part 4 via the optical circulator 3, The light of drop wavelength  $\lambda_{dai}$  is reflected in this T-BRF part 4, and it returns to the optical circulator 3, and as mentioned above by drawing 8, after going via optical circulator 3' and T-BRF part 4', it is outputted to the wavelength division 13, dissociates for every wave, and is received in optical receiver 14-i.

[0063]On the other hand, in the optical multiplexing part 8, after being multiplexed with the ad light from the wavelength multiplexing section 20, the through light which was not reflected in the T-BRF part 4 is amplified by even regular transmission power with the optical amplifier 10, and is transmitted to the optical transmission line 23. And when change is needed for drops (through) / ad wavelength  $\lambda_{dai}$  by change of future communication demand, etc., the impressed electromotive force to applicable T-BRF40-i is only controlled, and it can respond to the change, without needing exchange of optical devices, extension/\*\*\*\*, etc. like before.

[0064]It is low-loss as mentioned above, and, moreover, an ad / OADM1 which can be dropped are realized in the light of arbitrary wavelength  $\lambda_{dai}$ , without affecting the light of other wavelength  $\lambda_{dak}$ . The above-mentioned spectrum analyzers 15-17, It can use for amendment etc. of the gap of reflected wave length which may be produced according to fine adjustment of the reflected wave length of the T-BRF part 4 (4'), change of apparatus environment, aging, etc., and, thereby, OADM1 which can sufficiently respond also to prolonged employment can be realized.

[0065]Although all drop light, the through lights, and transmitting WDM light are monitored, it may be made to monitor only these parts by the spectrum analyzers 15-17 in the example mentioned above. Namely, for example, the spectrum analyzer 15 for through lights omits, May control impression control of the T-BRF part 4 (4') so that the power peak of drop wavelength  $\lambda_{dai}$  serves as the maximum by the spectrum monitored by the spectrum analyzer 17 for drop light, and, On the contrary, the spectrum analyzer 17 for drop light may omit, and it may control impression control of the T-BRF part 4 (4') so that the power peak which corresponds to drop wavelength  $\lambda_{dai}$  by the spectrum monitored by the spectrum analyzer 15 for through lights serves as the minimum. It is also possible to omit the spectrum analyzer 16 for transmitting WDM light.

[0066]Now, since it is generally necessary to perform dispersion compensation if the modulation rate of each wavelength of WDM light is set to not less than 10 Gbps, a dispersion compensation machine (generally DCF) is needed here. Since what is necessary is just to be able to compensate the difference of the group velocity for every wavelength, this dispersion compensation is realizable if the principle of the T-BRF part 4 is used also about this. That is, the reflection position of reflected wave length  $\lambda_{dai}$  in each T-BRF40-i is realizable by shifting delicately. For example, as shown in drawing 11, two or more electrodes 411 which responded to dispersion compensation quantity required for one surface part of the optical waveguide 40

are formed, Between these electrodes 411 is connected so that it may have a certain resistance  $r$ , T-BRF40'-i is constituted, by applying a certain potential difference ( $|V1-V2|$ ) to the double electrode 44, an electric field can be added in the shape of a slope to the optical waveguide 40, and the relation of a reflection position can be intentionally shifted with reflected wave length.

[0067] Since T-BRF40'-i constituted in this way will be reflected in two or more positions to which the light of a specified wavelength corresponds to the electrode 411, if the above-mentioned potential difference is controlled and an electric field slope (dispersion slope) is adjusted, it will also become possible to compensate the distribution about one wave. therefore, it is shown, for example in drawing 12 — as — this T-BRF40'-i — the number of drop wavelengths — (— if a series connection is carried out to multistage by  $n$ ), it will become possible to compensate distribution of each wavelength  $\lambda_{bdi}$  of input WDM light, respectively.

[0068] That is, T-BRF40'-i in this case will make the function as a dispersion compensation machine in which reflected wave length  $\lambda_{bdi}$  compensates the function and the distribution of wavelength as a variable good light variation reflective device serve a double purpose with impressed electromotive force. Therefore, about the WDM light modulated with the modulation rate of not less than 10 Gbps, without providing DCF individually, it becomes possible to compensate distribution of the light of reflected wave length (drop wavelength)  $\lambda_{bdi}$ , and OADM1 in which dispersion compensation is possible can be realized small and cheaply. Since there is also no insertion loss by providing DCF individually in this case, low-loss nature is also maintained.

[0069] Hereafter, the concrete realization technique is explained. They are a top view showing typically the composition of the T-BRF part 4A (it may be hereafter called the dispersion compensation T-BRF part 4A) on which drawing 13 functions also as a dispersion compensation machine, and a mimetic diagram which drawing 14 expands selectively the B-B arrowed cross-section of the dispersion compensation T-BRF part 4A shown in this drawing 13, and is shown.

[0070] As shown in these drawing 13 and drawing 14, the duty powder compensation T-BRF part 4A, While offering the optical waveguide 40 which has the core layer 40a which guides input light (WDM light), and the cladding layers 40b and 40c provided in the double-sided part of this core layer 40a, Two or more polar-zone 44-i provided for every interval  $x_i$  so that the surface part [ on the other hand / (cladding layer 40b side) ] of this optical waveguide 40 might be intersected with the optical waveguide 40, and the electrode 42 of the shape of a substrate joined to the surface part of another side (cladding layer 40c side) are offered, and it is constituted.

[0071] And as the above-mentioned polar-zone 44-i is typically expanded to drawing 15 and is shown in it, The one electrode 411 which has predetermined resistance, respectively is bent in the shape of a winding path, and is formed, periodically, bonding of the bend portion of this electrode 411 is carried out to the surface part by the side of the cladding layer 40b, and it is formed in it. In drawing 14, the numerals 412 express the protective coating for protecting the cladding layer 40c which is unreserved between the electrodes 411.

[0072] By taking such composition, composition equivalent to the composition shown in drawing 11 and drawing 12 is realized. As expanded and shown in drawing 14, the above-mentioned electrode 411 can also be formed by V character etching (cut) etc., respectively. However, in this case, it is necessary to form the

peak of V character etching so that the light which spreads the core layer 40a may not be affected and distance sufficient from the interface of the core layer 40a and the cladding layer 40b at least may be maintained.

[0073]As other construction, as shown, for example in drawing 16, it is possible to leave the ends 410a and 410b which apply potential on the conductor 410 with a certain resistance (rate)  $\rho$ , and to carry out bonding of two or more electrodes 411 periodically. Even if it does in this way, it is possible to realize composition equivalent to the composition shown in drawing 11 and drawing 12. When V1-V5 apply potential to the both ends 410a and 410b of the conductor 410 in this drawing 16, it means that the potential on the conductor 410 is changing on a slope.

[0074]Since losses will differ and the loss difference (tilt) of wavelength dependency will arise by the difference in the optical course for every wavelength, as mentioned above by drawing 7 if the number of wavelength multiplexing of WDM light increases also in this case, Like what was mentioned above by drawing 8, as shown in drawing 17, it is conversely about the same thing as the dispersion compensation T-BRF part 4A. [As the dispersion compensation T-BRF part (dispersion compensation backlight reflection part) 4B] It connects via optical circulator 3', and may be made to cancel the above-mentioned tilt.

[0075]Now, although explained by limiting to OADM1 (an add / drops / through function) until now, when realizing an optical cross-connect function, it can realize using T-BRF which was mentioned above. Namely, as shown in drawing 18 (B), the OAD (Optical Add Drop) circuits 31A-31D of plurality (in this case, four) constituted using the T-BRF part 4 mentioned above as shown in drawing 18 (A). It connects to the optical cross-connect circuit 32 which has the composition shown in drawing 19, and optical cross-connect system 1' is constituted as a kind of light branching / insertion device.

[0076]Here, in the optical cross-connect circuit 32 shown in drawing 19, the optical circulator in which 32a-32c have the same characteristic as the optical circulator 3, respectively, and 33 express the optical coupler which trifurcates input light. The composition of this optical cross-connect circuit 32 shall be the composition of having paid one's attention to connecting relation with the OAD circuit 31A, and the composition which paid its attention to connecting relation with the OAD circuits 31B-31C shall be constituted similarly.

[0077]By such composition, in the optical cross-connect circuit 32. For example, the reflective (drops) light reflected in the T-BRF part 4 of the OAD circuit 31A, It is inputted into the optical coupler 33 through an input port "D", and it trifurcates with this optical coupler 33, is inputted into T-BRF part 4' via the optical circulator 32a - 32c, respectively, it is reflected by that T-BRF part 4', and is outputted to output port "A" - "C."

[0078]And as shown in drawing 18 (B), the light outputted from the output port "A" is received as received wave length (channel), The light outputted from the output port "B" is inputted into the optical coupler 8 of the OAD circuit 31D as an ad light, and the light outputted from the output port "C" is inputted into the optical coupler 8 of the OAD circuit 31B as an ad light. here — every — if the impressed electromotive force to T-BRF section 4' is controlled and reflected wave length  $\lambda_{dai}$  in T-BRF part 4' is controlled — arbitrary wavelength  $\lambda_{dai}$  — an output port — " — it becomes possible to output to A" - "C." That is, it becomes possible to carry out cross connect of the light of arbitrary wavelength  $\lambda_{dai}$  to either of four arbitrary routes among the input light (WDM light) to the OAD circuits 31A-31D.

[0079] And in this case, it is using the T-BRF part 4, and it is possible to correspond flexibly only by the impressed-electromotive-force control to the T-BRF part 4 also to change of cross connect wavelength (reflected wave length)  $\lambda_{\text{adai}}$  by change of future communication demand by low-loss. The above-mentioned T-BRF part 4 and 4' may be transposed to the T-BRF parts 4A and 4B which function also as a dispersion compensation machine. If it does in this way, also in optical cross-connect system 1', it can respond also to the WDM light modulated with the modulation rate of not less than 10 Gbps, without providing DCF etc. individually. Also about the T-BRF part 4 (4A) shown in drawing 18 (A), it may have composition shown in drawing 6 mentioned above or drawing 8 (drawing 17), and the same operation effect as the above can be obtained, respectively.

[0080] By the way, it is necessary to divide the light from the above-mentioned output port "A" into each wavelength for reception in the office (for example, the circuit equivalent to the wavelength division 13 in above OADM1 is required). For this reason, although dissociating for every wavelength using the AWG (array waveguide) filter etc. which were mentioned above is also considered, Thus, if it assumes that there is the number of wavelength multiplexing of WDM light by 100 waves when using optical devices, such as a passive AWG filter, so that any wavelength of 100 kinds of wavelength may be dropped, If the optical devices in which the wavelength division for 100 waves is possible are not prepared and it is \*\*\*\*, it must stop having to prepare 100 optical connectors for \*\* and the drops port for 100 waves. Therefore, a remarkable mounting space will be spent only in this portion.

[0081] However, in the WDM network constituted using the node which actually has a function as OADM1 and optical cross-connect system 1', supposing the maximum wavelength multiplexed number of WDM light is 100 waves, Usually, a wavelength number smaller than 100 waves may be sufficient as the wavelength number which should be dropped by each node. This is the same as that of the ad side.

[0082] That is, if the maximum ad / the number of drop wavelengths of each node are made into a maximum of 16 waves, separation for the 16 waves can be performed and what is necessary will be just to prepare the optical connector for 16 ports, for example, since the reflected wave length in the T-BRF part 4 can be changed arbitrarily. Then, as shown, for example in drawing 20, the wavelength division 13a and the wavelength multiplexing section 20a (equivalent to the wavelength division 13 and the wavelength multiplexing section 20 at OADM1 shown in drawing 1), respectively, What is necessary is just coming to arrange the optical connector of only required ad / number of drop wavelengths, if it has composition which carried out cascade connection of T-BRF part 4' via the optical circulator 34 for a required wavelength number (16 pieces).

[0083] Circuit structure required for wavelength multiplexing/separation can be substantially reduced by this as compared with the case where optical devices with a passive AWG filter etc. are used, and optical cross-connect system 1' and the large miniaturization of OADM1 can be attained. The T-BRF part 4 and 4' are transposed to the T-BRF parts 4A and 4B, and it may be made to give a dispersion compensation function also in the composition shown in drawing 20. Reflected wave length does not necessarily need to be a variable thing [ ' / (4B) / which is used for the wavelength division 13a (13) and the wavelength multiplexing section 20a (20) / T-BRF part 4], and a fixed thing may be used.

[0084] - In the embodiment mentioned above in addition to this, although the T-BRF part 4 (4', 4A, 4B) is two or more wave correspondence, as long as the light an ad / for drops is only one wave, the thing



corresponding to 1 wave may be used. That is, only one T-BRF40-i (40'-i) should just be provided in the T-BRF part 4 (4', 4A, 4B).

[0085]Although T-BRF40'-i of the T-BRF part 4A is making the function as a good light variation reflective device, and the function as a dispersion compensation machine to compensate distribution of the wavelength serve a double purpose in the embodiment mentioned above, of course, it is also possible to specialize and use it for a dispersion compensation function. And this invention is not limited to the embodiment mentioned above, but in the range which does not deviate from the meaning of this invention, can change variously and can be carried out.

[0086]- Additional remark [Additional remark 1] A reflected wave length good transformation light reflection section variable in the reflected wave length to the inputted wavelength multiplexing light, The light branching part which takes out the catoptric light by this reflected wave length good transformation light reflection section as a beam branch of this wavelength multiplexing light, Light branching / insertion device offering the optical insert portion which adds the light of the wavelength corresponding to this beam branch to the passing beam which has passed without being reflected by this reflected wave length good transformation light reflection section as an insertion light, and the reflected wave length control section which controls the reflected wave length of this reflected wave length good transformation light reflection section on the wavelength for light branching.

[0087][Additional remark 2] While the series connection of two or more good light variation reflective devices with which the reflected wave length to this wavelength multiplexing light responded to the number of wavelength multiplexing of this wavelength multiplexing light with variable, respectively is carried out mutually and they are constituted, this reflected wave length good transformation light reflection section, Light branching / insertion device of the additional remark 1 statement constituting so that this reflected wave length control section may control the reflected wave length of the good light variation reflective device corresponding to the wavelength for [ this ] light branching on the wavelength for [ this ] light branching.

[0088][Additional remark 3] While this good light variation reflective device is constituted as a variable Bragg reflection filter with which this reflected wave length is located between the wavelength from which this wavelength multiplexing light differs at the time of non-voltage impressing, respectively, and this reflected wave length is changed according to impressed electromotive force, Light branching / insertion device of the additional remark 2 statement constituting so that voltage may be impressed to the variable Bragg reflection filter with which this reflected wave length is located between the wavelength in which this reflected wave length control section contains the wavelength for [ this ] light branching at the time of light branching and this reflected wave length may be changed into the wavelength for [ this ] light branching.

[0089][Additional remark 4] While this good light variation reflective device is constituted as a variable Bragg reflection filter which has the same reflected wave length at the time of non-voltage impressing and with which this reflected wave length is changed according to impressed electromotive force, respectively, At the time [ control section / this / reflected wave length ] of non-light branching, this reflected wave length of this variable Bragg reflection filter is located between the wavelength from which this wavelength multiplexing light differs, respectively, Light branching / insertion device of the additional remark 2 statement constituting so that voltage may be impressed to the variable Bragg reflection filter with which

this reflected wave length is located between the wavelength which sets at the time of light branching and contains the wavelength for [ this ] light branching and this reflected wave length may be changed into the wavelength for [ this ] light branching.

[0090][Additional remark 5] Light branching / insertion device of additional remark 4 statement, wherein the beam branch output inhibition part which forbids the output of this beam branch is provided.

[Additional remark 6] Light branching / insertion device of additional remark 4 statement, wherein the passing beam output inhibition part which forbids the output of this passing beam is provided between this reflected wave length good transformation light reflection section and this optical insert portion.

[0091][Additional remark 7] . This beam branch from this light branching part is considered as an input, and it is characterized by providing a backlight reflection part with the reflection position characteristic that the reflection position characteristic which this reflected wave length good transformation light reflection section decided according to the connection order of this good light variation reflective device in this reflected wave length good transformation light reflection section has is reverse. Light branching / insertion device given in any 1 paragraph of the additional remarks 2-6.

[Additional remark 8] While the monitor means which monitors the part of this beam branch from this light branching part, the passing beam which passed this reflected wave length good transformation light reflection section, and the wavelength multiplexing light from this optical insert portion, or all the spectra is established, Light branching / insertion device given in any 1 paragraph of the additional remarks 2-7, wherein this reflected wave length control section is constituted so that this reflected wave length may be controlled based on the spectrum monitored result in this monitor means.

[0092][Additional remark 9] Light branching / insertion device given in any 1 paragraph of the additional remarks 2-8 giving the reflection position characteristic of wavelength dependency to this good light variation reflective device.

[Additional remark 10] The optical waveguide in which this good light variation reflective device reflects the light of this reflected wave length, respectively while guiding this wavelength multiplexing light, While offering two or more electrodes by which the series connection was mutually carried out via resistance in the guiding direction of this optical waveguide [ near this optical waveguide ], respectively and being constituted, Light branching / insertion device of the additional remark 9 statement comprising that this reflected wave length control section applies predetermined potential difference to the electrode of this plurality so that the light of this reflected wave length may be reflected in two or more positions corresponding to the electrode of this plurality.

[0093][Additional remark 11] The light reflex device which having offered the optical waveguide which reflects the light of a certain wavelength while guiding the inputted wavelength multiplexing light, and two or more electrodes by which the series connection was mutually carried out via resistance in the guiding direction of this optical waveguide [ near this optical waveguide ], respectively, and constituting.

[0094]

[Effect of the Invention] Since the wavelength of a beam branch can be changed according to this invention when the reflected wave length to the inputted wavelength multiplexing light controls the reflected wave length of a variable reflected wave length good transformation light reflection section according to the wavelength for light branching as explained in full detail above, Without requiring exchange of a light reflex

device, and extension/\*\*\*\* like before, even if change arises on beam branch wavelength by change of communication demand, etc., the light of an arbitrary wavelength can be freely chosen from a wavelength-multiplexing-light signal, and it can branch.

[0095] Here the good light variation reflective device used for the above-mentioned reflected wave length good transformation light reflection section, At the time of non-voltage impressing, reflected wave length is located between the wavelength from which the above-mentioned wavelength multiplexing light differs, respectively, and it constitutes as a variable Bragg reflection filter with which the reflected wave length is changed according to impressed electromotive force, If voltage is impressed to the variable Bragg reflection filter with which reflected wave length is located between the wavelength which contains the wavelength for light branching at the time of light branching and the reflected wave length is changed into the wavelength for light branching, by low-loss. And the light branching / insertion device which can branch the light of an arbitrary wavelength without affecting the light of other wavelength are realized.

[0096] At the time of non-voltage impressing, the above-mentioned good light variation reflective device has the same reflected wave length, and constitutes him as a variable Bragg reflection filter with which reflected wave length is changed according to impressed electromotive force, respectively, At the time of non-light branching, the reflected wave length of each of these variable Bragg reflection filters is located between the wavelength from which the above-mentioned wavelength multiplexing light differs, respectively, Voltage can be impressed to the variable Bragg reflection filter with which reflected wave length is located between the wavelength which sets at the time of light branching and contains the wavelength for light branching, and the reflected wave length can also be changed into the wavelength for light branching. Since all the reflected wave length in early stages of a variable Bragg reflection filter may be the same as long as it does in this way, the manufacturing cost is substantially reducible rather than the case where that from which reflected wave length differs is manufactured individually.

[0097] In this invention, may provide the 1st optical power prohibition part which forbids the output of a beam branch, and between a reflected wave length good transformation light reflection section and an optical insert portion, If the 2nd optical power prohibition part which forbids the output of wavelength multiplexing light may be provided and it does in this way, Since it can avoid outputting the beam branch at that time, and the wavelength multiplexing light which passes without being reflected even if a collision of the above-mentioned reflected wave length takes place in a power up etc., it contributes to improvement in reliability and safety greatly.

[0098] In this invention, the beam branch from a light branching part may be considered as an input, and a backlight reflection part with the reflection position characteristic that the reflection position characteristic decided according to the connection order of the above-mentioned good light variation reflective device is reverse may be provided. By providing this backlight reflection part, since the loss difference for every wavelength produced in a beam branch by the difference in the reflection position of reflected wave length is cancellable by a backlight reflection part, it can be made Mr. power \*\*\*\* for every wavelength of a beam branch. Therefore, a phenomenon which an error produces only on a part of wavelength according to transmission distance is avoidable.

[0099] In this invention, the part of the beam branch from a light branching part, the passing beam which passed the reflected wave length good transformation light reflection section, and the wavelength

multiplexing light from an optical insert portion, or all the spectra are monitored, If it may be made to control the above-mentioned reflected wave length based on the spectrum monitored result and does in this way, Only the light of the wavelength for light branching can be reflected in a reflected wave length good transformation light reflection section very correctly, or the power of the wavelength multiplexing light which should transmit from an optical insert portion can be adjusted to the optimal state. Amendment etc. of the gap of reflected wave length which may be produced according to fine adjustment of the reflected wave length of a good light variation reflective device, change of apparatus environment, aging, etc. can also be performed, and the light branching / insertion device which can sufficiently respond also to prolonged employment can be realized.

[0100]The reflection position characteristic of wavelength dependency may be given to the above-mentioned good light variation reflective device. Predetermined potential difference is specifically applied to two or more electrodes by which the series connection was mutually carried out via resistance in the guiding direction [ near the optical waveguide ], respectively, for example, and it is made to reflect the light of the above-mentioned reflected wave length in two or more positions corresponding to two or more above-mentioned electrodes. If it does in this way, in a good light variation reflective device, it will also become possible to compensate the distribution about one wave, and it will become possible to realize small and cheaply the light branching / insertion device in which dispersion compensation is also possible as compared with the case where a dispersion compensating fiber etc. are provided separately.

---

[Translation done.]

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
G 0 2 F 1/313		G 0 2 F 1/313	2 H 0 7 9
G 0 2 B 6/293		1/01	C 2 K 0 0 2
G 0 2 F 1/01		G 0 2 B 6/28	B 5 K 0 0 2
H 0 4 B 10/02		H 0 4 B 9/00	U
H 0 4 J 14/00			E

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-353479(P2000-353479)

(22) 出願日 平成12年11月20日 (2000.11.20)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 泉 太

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 森 昌太

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100092978

弁理士 真田 有

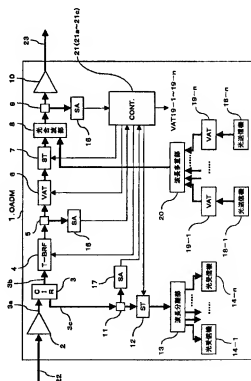
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光分岐/挿入装置

(57) 【要約】

【課題】 低損失で、しかも、アド/ドロップ波長（特に、ドロップ波長）に変更が生じてもブラッグ反射フィルタなどの光反射デバイスの交換や増設/減設を要することなく、波長多重光信号から任意波長の光を自由に選んでドロップすることのできる、光分岐/挿入装置を実現する。

【解決手段】 入力された波長多重光に対する反射波長が可変の反射波長可変型光反射部4と、この反射波長可変型光反射部4による反射光を波長多重光の分岐光として取り出す光分岐部3と、この反射波長可変型光反射部4で反射されずに通過してきた通過光に、上記の分岐光に対応する波長の光を挿入光として付加する光挿入部8と、光分岐対象の波長に応じて反射波長可変型光反射部4の反射波長を制御する反射波長制御部21aとをそなえるように構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力された波長多重光に対する反射波長が可変の反射波長可変型光反射部と、該反射波長可変型光反射部による反射光を該波長多重光の分光光として取り出す分光岐部と、該反射波長可変型光反射部で反射されずに通過してきた通過光に、該分光岐部に対応する波長の光を挿入光として付加する光挿入部と、光分光対象の波長に応じて該反射波長可変型光反射部の反射波長を制御する反射波長制御部とをそなえたことを特徴とする、分光岐／挿入装置。

【請求項2】 該反射波長可変型光反射部が、それぞれ該波長多重光に対する反射波長が可変で該波長多重光の波長多重数に応じた複数の可変光反射デバイスが相互に直列接続されて構成されるとともに、該反射波長制御部が、該分光岐対象の波長に対応する可変光反射デバイスの反射波長を該分光岐対象の波長に制御するように構成されたことを特徴とする、請求項1記載の分光岐／挿入装置。

【請求項3】 該可変光反射デバイスが、それぞれ、非電圧印加時において同じ反射波長を有し、印加電圧に応じて該反射波長が変更される可変ブリッジ反射フィルタとして構成されるとともに、該反射波長制御部が、非光分光時において該可変ブリッジ反射フィルタの該反射波長がそれぞれ該波長多重光の異なる波長間に位置し、光分光時において該分光岐対象の波長を含む波長間に該反射波長が位置する可変ブリッジ反射フィルタに電圧を印加して該反射波長を該分光岐対象の波長に変更するように構成されていることを特徴とする、請求項2記載の分光岐／挿入装置。

【請求項4】 該分光岐部からの該分光光を入力とし、該反射波長可変型光反射部での該可変光反射デバイスの接続順に応じて決まる該反射波長可変型光反射部がもつ反射位置特性とは逆の反射位置特性をもった逆光反射部が設けられたことを特徴とする、請求項2又は請求項3に記載の分光岐／挿入装置。

【請求項5】 該分光岐部からの該分光光、該反射波長可変型光反射部を通過した通過光及び該光挿入部からの波長多重光のうちの一部もしくは全てのスペクトルをモニタするモニタ手段が設けられるとともに、該反射波長制御部が、該モニタ手段でのスペクトルモニタ結果に基づいて該反射波長の制御を行なうように構成されたことを特徴とする、請求項2～4のいずれか1項に記載の分光岐／挿入装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、WDM光伝送システムに用いて好適な分光岐／挿入装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、大容量の光伝送手段として知られる波長多重 (WDM: Wavelength Division Multiple) 技術を利用した通信装置 (以下、WDM装置) といったり、ノードといったりする) がネットワークの中に組み込まれ、増加し続ける通信需要に見合う能力が得られつつある。

【0003】 このようなWDM技術を利用したネットワーク (WDM光伝送システム) では、通常、波長多重された光のうち、任意の1つあるいは複数の波長 (チャンネル) を選んで分離 (ドロップ) したり多重 (アド) したりすることのできる光アド／ドロップ装置 (OADM: Optical Add Drop Multiplexer) や任意波長の光を任意の方路へスイッチすることのできる光クロスコネクタ装置 (OXC: Optical Cross-Connect) が必要になる。

【0004】 ここで、例えば、OADMは図21に示すような構成が採られる。即ち、受信したWDM光信号を光アンプ101にて増幅し、増幅後のWDM光信号を光分離部102にてスルーする光とドロップする光とに分離し、スルーする光をさらにアドする光と光多重部103にて波長多重し、光アンプ104で増幅して送信するという構成である。

【0005】 このように常に予め定められた波長をドロップ、または、アドする光デバイス (光分離部102や光多重部103) は比較的簡単に実現できるの、予めノードにおいて使用する波長を計画的に割り当ててネットワークを構築すれば問題ない。しかし、もし、ネットワークを構築した後に、通信需要の変化などによって、必要な波長数が予め定めた波長数で足りなくなったり、ドロップ (スルー) 光波長を変更しなければならなくなったりした場合には、光デバイスの増設や交換が必要になる。

【0006】 このような場合、そのノード以外のノード間の通信に供している波長 (スルー光波長) を一旦切断状態にせざるを得なくなってしまう、たった1カ所の変更 (工事) がネットワーク全体に大きな影響を与えることになる。また、この場合、回線を移転して工事を行なう必要があるが、WDM装置は、1本の光ファイバで大量の情報を通信するため、移転するにも莫大な費用／設備を必要とする。

【0007】 このため、任意の波長のアド／ドロップを他の波長に影響を与えることなくダイナミックに変更できるOADMの要求が高まっている。なお、上述述べたことは、OXCについても同様である。そこで、最近では、例えば図22に示すように、受信端ノード100と送信端ノード200との間 (TERM-TERM間) のバック・ツー・バックでOADMを行なう方法が考えられている。

【0008】 即ち、現状では、任意の波長を選んでその

波長のみを分離するような光デバイスが実現できないので、受信端ノード100において、WDM光信号の全波長を光導波路型(AWG: Arrayed Wave Guide)フィルタ113などによって分離し、その段階で波長毎に光スイッチ114によりスルーするかドロップするかを選択し、送信端ノード200において、波長毎に光スイッチ211によりスルーするかドロップするかを選択し、WDMフィルタ212などによって各波長の光を波長多重することで、OADMと同等の機能を実現する方法である。

【0009】なお、この図22において、符号111(214)は、受信(送信)WDM光信号を増幅する光アンプ、符号112(213)は、通常、10Gbps(ギガビット/秒)以上の変調速度で変調されたWDM光信号を伝送する場合に設けられて、WDM光信号の波長分散を補償するための分散補償ファイバ(DCF: Dispersion Compensation Fiber)をそれぞれ表す。

【0010】しかしながら、このように波長多重された全ての波長を1波毎に分離して、光スイッチ114(211)で選択する方法では、AWGフィルタ113(212)での損失(挿入損失)が大きく、また、波長毎に光スイッチ114(211)を挿入する必要があるため、挿入損失がさらに大きくなるばかりでなく装置規模も大規模になる。DCF112(213)を設けた場合は、さらに、挿入損失が大きくなる。特に、光伝送路にシングルモードファイバ(SMF)を用いている場合には、分散補償量の大きいDCF112(213)が必要なのでロスも大きくなる。

【0011】このような場合、全体の挿入損失は、16dB以上になるため、光アンプ111、214間で補償しなければならないゲインが非常に大きくなる。このため、光アンプ111には、大きな利得を得るために高出力の励起レーザが複数必要になり、非常に不経済である。また、各波長の光は、それぞれ、AWGフィルタ113(212)や光スイッチ114(211)を通過することにより、それぞれ独立した別々の光導波路及び光学経路を経由して再多重されるため、スルー方向の光パワーに関しては均一な損失による減衰を期待できない。

【0012】このため、再多重される光に波長毎の損失差(チルト)が発生することになり、均一な光伝送(損失)特性ではなく、各波長で偏った(波長依存性の)伝送(損失)特性をもつことになる。特に、上述したような構成のノードを複数経由するような場合には、上記チルトが累積して増大する可能性が高くなるので、或る波長(チャネル)では問題ない伝送距離でも、他の波長ではエラーが発生するといった現象が生じてしまうことになる。

【0013】そこで、従来は、例えば特開9-243957号公報などによって提案されているように、ブラッグ反射フィルタと光サーキュレータとを用いて、OADMを実現することも考えられている。即ち、例えば図

23に示すように、波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光をそれぞれアド／ドロップすることを想定した場合、光サーキュレータ301、302、ブラッグ反射フィルタ321~324及びアイソレータ325をそなえてOADM300が構成される。なお、「ブラッグ反射フィルタ」とは、光導波路に特定の波長の光のみが高効率で反射するようグレーティングを形成したもので、非常に挿入損失が低いことが知られている。

【0014】ここで、上記の光サーキュレータ301は、端子301aからの入力光(WDM光)を端子301bへ出力する一方、端子301bからの入力光を端子301cへ出力する特性をもったものであり、光サーキュレータ302は、端子302aからの入力光を端子302bへ出力する一方、端子302bからの入力光を端子302cへ出力する特性をもったものである。

【0015】また、ブラッグ反射フィルタ321、323は、それぞれ、波長 $\lambda_1$ の光のみを反射するべくグレーティングが形成されたものであり、ブラッグ反射フィルタ322、324は、それぞれ、波長 $\lambda_2$ の光のみを反射するべくグレーティングが形成されたものであり、アイソレータ325は、逆(光サーキュレータ302→301)方向への光の伝播を阻止する特性をもったものである。

【0016】上述のごとく構成されたOADM300でのアド／ドロップ動作は次のようになる。即ち、一方(ドロップ用)の光サーキュレータ301の端子301aへの入力光(WDM光)は、端子301bへ出力されてブラッグ反射フィルタ321、322へ導かれ、それぞれにおいて波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の光が反射される。この反射光は、光サーキュレータ301の端子301bに再入力され、端子301cへ出力されてドロップ光として出力される。

【0017】一方、他方(アド用)の光サーキュレータ302の端子302aへ入力された波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ のアド光は、端子302bへ出力されてブラッグ反射フィルタ324、323に導かれ、それぞれにおいて反射されて端子302bへ戻る。これにより、この反射光は、ブラッグ反射フィルタ321~324で反射されずに同じ光学経路を通過してきた光(スルー光)と光サーキュレータ302にて合波されて、端子302cから出力される。

【0018】さて、ここで、上記のブラッグ反射フィルタ321、322で全ての波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ の成分を反射できなかった場合、その漏れ成分が光サーキュレータ302側へ伝播することになるが、ブラッグ反射フィルタ323、324で再度反射されてアイソレータ325へ入力される。この結果、上記漏れ成分はアイソレータ325にて消失する。同様に、アド光のブラッグ反射フィルタ323、324での漏れ成分についてもアイソレータ325にて消失する。

【0019】このように、従来のOADM300では、低挿入損失のブラッグ反射フィルタ321～324と光サーキュレータ301、302を用いることにより、AWGフィルタ113(212)や光スイッチ114

(211)を用いる場合に比して挿入損失を大幅に低減することができ、また、スルー光の光学経路が各波長で同じなのでスルー光にチルトも発生しない。さらに、この場合は、アイソレータ325により、ドロップ光(アド光)の漏れ成分のアド光(ドロップ光)に対する干渉も抑制されるので、OADM300の伝送特性を向上することができる。

#### 【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来のOADM300でも、通信需要の変化によりアド/ドロップ波長に変更が必要な場合には、ブラッグ反射フィルタを交換したり増設あるいは減設したりする必要がある。このため、やはり、スルー光を一旦切断状態にせざるを得なくなってしまう、1力所の変更(工事)がネットワーク全体に大きな影響を与えてしまうという課題は残ることになる。

【0021】本発明は、このような課題に鑑み創案されたもので、低損失で、しかも、ドロップ波長(分岐光波長)に変更が生じてもブラッグ反射フィルタなどの光反射デバイスの交換や増設/減設を要することなく、波長多重光から任意波長の光を自由に選んでドロップすることのできる、光分岐/挿入装置を提供することを目的とする。

#### 【0022】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明の光分岐/挿入装置(請求項1)は、入力された波長多重光に対する反射波長が可変の反射波長可変型光反射部と、この反射波長可変型光反射部による反射光を該波長多重光の分岐光として取り出す光分岐部と、この反射波長可変型光反射部で反射されずに通過してきた通過光に、該分岐光に対応する波長の光を挿入光として付加する光挿入部と、光分岐対象の波長に応じて上記の反射波長可変型光反射部の反射波長を制御する反射波長制御部とをそなえたことを特徴としている。

【0023】ここで、上記の反射波長可変型光反射部は、それぞれ該波長多重光に対する反射波長が可変で該波長多重光の波長多重数に応じた複数の可変光反射デバイスが相互に直列接続されて構成され、上記の反射波長制御部が、該光分岐対象の波長に対応する可変光反射デバイスの反射波長を該光分岐対象の波長に制御するように構成されていてもよい(請求項2)。

【0024】また、上記の各可変光反射デバイスは、それぞれ、非電圧印加時において同じ反射波長を有し、印加電圧に応じて該反射波長が変更される可変ブラッグ反射フィルタとして構成されるとともに、上記の反射波長制御部は、非光分岐時において上記可変ブラッグ反射フ

ィルタの反射波長がそれぞれ上記波長多重光の異なる波長間に位置し、光分岐時において上記光分岐対象の波長を含む波長間に反射波長が位置する可変ブラッグ反射フィルタに電圧を印加してその反射波長を上記光分岐対象の波長に変更するように構成されていてもよい(請求項3)。

【0025】さらに、本光分岐/挿入装置には、上記の光分岐部からの分岐光を入力とし、上記の反射波長可変型光反射部がもつ反射位置特性とは逆の反射位置特性をもった逆光反射部が設けられていてもよい。なお、上記の「反射位置特性」は、上記の反射波長可変型光反射部での可変光反射デバイスの接続順に応じて決まる(請求項4)。

【0026】さらに、本光分岐/挿入装置には、上記の光分岐部からの分岐光、上記の反射波長可変型光反射部を通過した通過光及び上記の光挿入部からの波長多重光のうちの一部もしくは全てのスペクトルをモニタするモニタ手段が設けられていてもよく、この場合、上記の反射波長制御部は、上記モニタ手段でのスペクトルモニタ結果に基づいて上記の反射波長の制御を行なうように構成されていてもよい(請求項5)。

#### 【0027】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明の一実施形態に係る光分岐/挿入装置としてのOADMの構成を示すブロック図で、この図1に示すOADM1は、その要部に着目すると、光アンプ2、10、光サーキュレータ(CIR)3、可変ブラッグ反射フィルタ(T-BRF: Tunable-Brag Reflection Filter)部4、光カップラ5、9、11、可変光減衰器(VAT)6、光シャッタ(S)7、12、光合波部(光カップラ)8、波長分離部13、ドロップ(分岐)波長(n波長)分の光受信機14-1～14-n、スペクトルアナライザ(SA)15-1～15-n、アド(挿入)波長(n波長)分の光送信機18-1～18-n、可変光減衰器19-1～19-n、波長多重部20及びコントローラ21をそなえて構成されている。

【0028】なお、この図1において、太実線で表わしたライン(符号3aや3bなど参照)は、いずれも、光伝送が行なわれる光学経路(光ライン)を表わし、細実線で表わしたラインは電気信号での伝送が行なわれる電気経路を表わす。また、符号22、23はいずれも光(ファイバ)伝送路を表わす。ここで、上記の光アンプ2は、光伝送路22からの受信WDM光を所要の光レベル(パワー)にまで一括(共通)増幅(前置増幅)するためのものであり、光サーキュレータ3は、この光アンプ2の出力(光ライン3a)からのWDM光を可変ブラッグ反射フィルタ部4側(光ライン3b)へ出力する一方、可変ブラッグ反射フィルタ部4側(光ライン3b)から入力される光を光ライン3cへ出力する特性をもつ



た光デバイスである。

【0029】また、T-BRF部(反射波長可変型光反射部)4は、光サーキュレータ3からのWDM光に多重されている複数の波長 $\lambda_1 \sim \lambda_N$ (ただし、 $N > n$ )を満足する2以上の整数)から任意の1つの波長あるいは複数の(最大で $n$ )波長の光のみを反射するもので、本実施形態では、後述するようにコントローラ21からの印加電圧に応じてその反射波長を変更できるようになっている。

【0030】なお、このT-BRF部4による反射光は光サーキュレータ3で光ライン3cへドロップ光として出力され、反射されなかった残りの波長の光は通過(スルー)光として光カプラ5側へ出力される。つまり、上記の光サーキュレータ3は、可変反射部4による反射光をWDM光のドロップ光として取り出す光分岐部としての役割を果たしているのである。

【0031】さらに、光カプラ5は、T-BRF部4からのスルー光の一部をスペクトラムアナライザ15への入力光(モニタ光)として取り出すためのものであり、可変光減衰器6は、コントローラ21からの制御信号に従ってスルー光の光レベル(減衰量)を調整することにより、後段の光合波部8への入力光レベルを調整するためのものであり、光シャッタ(通過光出力禁止部)7は、T-BRF部4と光合波部8との間に設けられて、コントローラ21からの制御信号に従ってそのON/OFF状態が切り替えられることによって、スルー光の光合波部8への出力を許可/停止(禁止)するためのものである。

【0032】また、光合波部(光挿入部)8は、T-BRF部4で反射されずに通過してきた上記のスルー光と、波長多重部20からのアド光とを合波(波長多重)することにより、スルー光にアド光を付加して送信WDM光として出力するためのものであり、光カプラ9は、この光合波部8の出力の一部をスペクトラムアナライザ16へのモニタ光として取り出すためのものであり、光アンプ10は、この光カプラ9からの送信WDM光を伝送距離に応じた所定の光レベルにまで一括(共通)増幅するためのもので、増幅後の送信WDM光は光伝送路23へ出力される。

【0033】さらに、光カプラ11は、光サーキュレータ3からのドロップ光の一部を取り出してスペクトラムアナライザ17へのモニタ光として出力するためのものであり、光シャッタ(分岐光出力禁止部)12は、上記の光シャッタ7と同様に、コントローラ21からの制御に従ってそのON/OFF状態が切り替えられることによって、ドロップ光の波長分離部13への出力を許可/停止(禁止)するためのものである。

【0034】また、波長分離部13は、光シャッタ12からのドロップ光を1波毎に波長分離するためのものであり、光受信機14-i(ただし、 $i = 1 \sim n$ )は、そ

れぞれ、この波長分離部13で1波毎に波長分離された波長 $\lambda_1 \sim \lambda_n$ のうち、対応する波長の光を受信して光電変換などの所定の受信処理を実施するためのものである。

【0035】さらに、スペクトラムアナライザ15~17は、それぞれ、対応する上記の光カプラ5、9、11から入力されるモニタ光のスペクトラムを解析して、その解析結果(スペクトラムモニタ結果)を上記のT-BRF部4の反射波長制御や可変光減衰器6、19-iの減衰量制御のための情報としてコントローラ21へ出力するものである。

【0036】つまり、これらのスペクトラムアナライザ15~17は、光サーキュレータ3からのドロップ光、T-BRF部4を通過したスルー光及び光合波部8からの送信WDM光の全てのスペクトルをモニタするモニタ手段を形成しており、このモニタ手段でのスペクトルモニタ結果に基づいてコントローラ21がT-BRF部4の反射波長の制御を行なうようになっているのである。なお、その制御の詳細については後述する。

【0037】次に、上記の光送信機18-iは、それぞれ、励起レーザなどによって上記スルー光に多重(アド)すべきドロップ波長に対する波長のアド光を生成・出力するためのものであり、可変光減衰器19-iは、それぞれ、対応する光送信機18-iからのアド光の光レベルを波長多重部20及び光合波部8での波長多重に適したレベルに調整するためのものである。なお、これらの可変光減衰器19-iも、コントローラ21からの制御信号に従って制御されるようになっている。

【0038】また、波長多重部20は、これらの光可変減衰器19-iによる光レベル調整後のアド光を波長多重して上記の光合波部8へ出力するものである。そして、コントローラ21は、本OADM1の動作(アド/ドロップ動作)を集中制御するもので、本実施形態では、その要部の機能に着目すると、次のような機能部を有している。

【0039】(1)ドロップ対象の波長に応じてT-BRF部4の反射波長を制御する反射波長制御部21aとしての機能。具体的には、ドロップ対象の波長の光のみが正確にドロップされるようスペクトラムアナライザ15~17での上記解析結果に基づいてこの反射波長制御を行なう。

(2)電源投入時などにおいて光シャッタ7、12を制御してスルー光、ドロップ光の出力を停止するための光シャッタ制御部21bとしての機能。

【0040】(3)スペクトラムアナライザ15、16での上記解析結果(つまり、スルー光、送信WDM光の各スペクトラムモニタ結果)に基づいて可変光減衰器6、19-iの減衰量をそれぞれ調整して、光合波部8でのスルー光とアド光との合波レベル(パワー)及び送信WDM光のレベルを最適な状態に調整するための可変

光減衰器制御部 21c としての機能。

【0041】さて、次に、上記の T-BRF 部 4 の構成について詳述する。図 2 は上記の T-BRF 部 4 を模式的に示す平面図、図 3 はこの図 2 に示す A-A 矢視断面を部分的に拡大して示す模式図で、これらの図 2 及び図 3 に示すように、本実施形態の T-BRF 部 4 は、入力光 (WDM 光) を導波するコア層 40a とこのコア層 40a の両面部に設けられたクラッド層 40b、40c とを有して成る光導波路 40 と、この光導波路 40 の一方 (クラッド層 40b 側) の面に光導波路 40 と交差するよう間隔  $x_i$  毎にボンディング (接合) された幅  $x_0$  をもつ線路状の複数の電極 41-1 と、他方 (クラッド層 40c 側) の面に接合された基板状の電極 42 とをそ

なえて構成されている。  
【0042】そして、上記の光導波路 40 のコア層 40a には、図 3 に示すように、ドロップ対象の波長  $\lambda_i$  に対応してグレーティング 43-1 が形成されており、それぞれのグレーティング 43-1 にて、コア層 40a を伝播する WDM 光のうち特定波長の光のみが散乱して高効率で反射されるようになっている。つまり、グレーティング 43-1 の形成された部分の光導波路 40 がそれぞれブラッグ反射フィルタ (T-BRF) 40-1 (図 4 参照) を形成していることになる。

【0043】ここで、上記の電極 41-1 に電圧を印加して、グレーティング 43-1 の形成された部分の光導波路 40 に対して電界を加えると、その電界によってその部分の光導波路 40 の屈折率が変化し、それに応じてグレーティング 43-1 での反射波長も変化する。実際には、10nm (ナノメートル) ~ 105nm 程度の可変幅が実現可能である。

【0044】なお、上記の電極 41-1 の幅  $x_0$  は、図 3 に示すように、いずれもグレーティング長  $\lambda$  よりも大きく (この場合は、 $2 \times \lambda \times x_0$  だけ) 設定されている。これは、電極 41-1 に電圧を印加したときに電極 41-1 の縁端部分で生じる電界が一様にならないことで、グレーティング 43-1 における反射波長  $\lambda_i$  にずれが生じることを防止するためである。

【0045】以上のように、本 T-BRF 部 4 は、入力された WDM 光に対する反射波長がそれぞれ印加電圧によって可変の複数の T-BRF (可変光反射デバイス) 40-1 が相互に直列接続されて構成されており、上述したコントローラ 21 (反射波長制御部 21a) から電極 41-1 に対する印加電圧を変更することによって、T-BRF 40-1 の反射波長を変更して任意の波長の光をドロップ (スルー) することが可能になっている。

【0046】ただし、WDM では、このように反射波長 (つまり、ドロップ/スルー波長) を変更する場合、反射波長以外の他の波長に影響を与えてはならない (これをノンブロッキング条件という)。そこで、各 T-BRF 40-1 には、例えば図 5 に模式的に示すように、電

極 41-1 に対して印加電圧が無い状態 (非ドロップ時) での反射波長 (以下、デフォルト反射波長という)  $\lambda_i$  がドロップ光の波長グリッド間に位置する (つまり、 $\lambda_{i-1} < \lambda_i' < \lambda_{i+1}$  となる) ようにそれぞれグレーティング 43-1 を形成しておき、ドロップしたい波長  $\lambda_i$  を含む波長グリッド間にデフォルト反射波長  $\lambda_i'$  が設定された T-BRF 40-1 に対応する電極 41-1 のみに電圧を印加してその T-BRF 40-1 のデフォルト反射波長  $\lambda_i'$  をドロップ波長  $\lambda_i$  に変更すれば、上記ノンブロッキング条件を満足することができる。

【0047】即ち、例えば、波長  $\lambda_i$  の光をドロップしたい場合は電極 41-1 に所定電圧を印加して T-BRF 40-1 のデフォルト反射波長  $\lambda_i'$  を波長  $\lambda_i$  に変更し、波長  $\lambda_2$  の光をドロップしたい場合は電極 41-2 に所定電圧を印加して T-BRF 40-2 のデフォルト反射波長  $\lambda_2'$  を波長  $\lambda_2$  に変更するといった具合である。

【0048】このようにデフォルト反射波長  $\lambda_i'$  を波長グリッド間に設定すれば、ドロップ光 (波長  $\lambda_i$ ) 以外のスルー光 [波長  $\lambda_k$  ( $k=1 \sim n$  で  $k \neq i$ )] のそれぞれの近傍に雑音光として生じる ASE を除去することも可能になる。なお、この場合は、1 つの T-BRF 40-1 を 1 つの波長  $\lambda_i$  に専用とした場合であるが、1 つの T-BRF 40-1 をデフォルト反射波長  $\lambda_i$  の両サイドの 2 波長  $\lambda_1$ ,  $\lambda_{i+1}$  に兼用としてもよい。兼用にした場合は、ドロップ波長は 1 波おきになる。

【0049】ただし、上記のように波長グリッド間にそれぞれデフォルト反射波長  $\lambda_i'$  が位置するようにグレーティング 43-1 を形成した T-BRF 40-1 を作ることは製造性が良くない。また、それらを多段にアレイ化すると製造性はさらに悪化するため、コストが高くなる。そこで、より安価に製造するため、各 T-BRF 40-1 のデフォルト反射波長は一律 (例えば、 $\lambda'$ ) にしておき、印加電圧によって上記ノンブロッキング条件を満足するよう調整してもよい。

【0050】即ち、各 T-BRF 40-1 を、それぞれ、非電圧印加時において同じ反射波長  $\lambda'$  を有し、印加電圧に応じてその反射波長が変更されるようにしておき、コントローラ 21 (反射波長制御部 21a) から、非ドロップ時には T-BRF 40-1 の反射波長  $\lambda'$  がそれぞれ WDM 光の異なる波長グリッド間に位置し、ドロップ時においてはドロップ対象の波長を含む波長間に反射波長  $\lambda'$  が位置する T-BRF 40-1 に所定電圧を印加して反射波長  $\lambda'$  をドロップ対象の波長  $\lambda_i$  に変更するようにするのである。

【0051】このようにすれば、各 T-BRF 40-1 に形成するグレーティング 43-1 は全て同じでよいので、製造性が大幅に向上するとともに、アレイ化が簡単に実現できる。なお、印加電圧によって制御可能な波長

範囲を超える場合は、例えば図6に示すように、それぞれ図2～図4により上述した基本構成を有し、非電圧印加時において異なるデフォルト反射波長をもった複数種類のT-BRF部4を多段接続すればよい。

【0052】ただし、上記のような製造性を重視したT-BRF部4（T-BRF40-1）の構成では、電源投入時において波長の衝突が発生する。そのため、実用上のOADM1として使用する場合は、印加電圧によってノンブロッキング条件を満足するよう各T-BRF40-1の反射波長 $\lambda'$ の調整が済むまで、上述した光シャッター7、12によってスルー光及びドロップ光の出力を停止させるようにする。これにより、OADM1の信頼性および安全性が向上する。

【0053】なお、波長グリッド間にそれぞれデフォルト反射波長 $\lambda_i'$ が位置するようにグレーティング43-1を予め形成したT-BRF40-1を作った場合には、上記の光シャッター7、12は省略可能である。以上のようにT-BRF部4とT-BRF40-1の多段接続構成にすることで、スルー光は同じ光学経路を通過するため、WDM光を1波毎に分離する場合のような光学経路の違いによる波長毎の損失差（チルト）は発生しない。しかしながら、ドロップ光には、次のようなチルトが発生することになる。

【0054】即ち、図7に模式的に示すように、多段接続されたT-BRF40-1で反射される波長 $\lambda_i$ の光のうち、光サーキュレータ3に近い位置で反射される光と遠い位置で反射される光とでは、伝送する光学経路が異なりロスが違ってくる。このため、各光受信機14-1での各波長 $\lambda_i$ の光パワーは均一でなくなるため好ましくない。

【0055】そこで、例えば図8に示すように、光サーキュレータ3のドロップ光側（光ライン3c上）に、光サーキュレータ3と同様の光サーキュレータ3'を設けるとともに、この光サーキュレータ3'の出力（光ライン3b'）側に上記のT-BRF部4と同じものを逆向きに接続する。なお、このように逆向きに接続したものを以下ではT-BRF部4と区別するために「T-BRF部4'」と表記する。

【0056】このような構成を採ることにより、T-BRF部4において光サーキュレータ3に近い位置で反射された光ほど、T-BRF部4'においては光サーキュレータ3'から遠い位置で反射されることになり、結果として、ドロップ光の光学経路の違いによるロスのばらつきを吸収することが可能になる。つまり、上記のT-BRF部4'は、光サーキュレータ3からのドロップ光を入力とし、T-BRF部4でのT-BRF40-1の接続順に応じて決まるそのT-BRF部4がもつ反射位置特性とは逆の反射位置特性をもった逆光反射部として機能するのである。これにより、ドロップ光の波長 $\lambda_i$ 毎のパワーを一様にすることができ、伝送距離に応じて

一部の波長にのみエラーが生じるような現象を回避することができる。

【0057】以下、上述のごとく構成された本実施形態のOADM1の動作について、図9及び図10を参照しながら詳述する。まず、OADM1の電源が投入されると（図9に示すステップA1、図10に示すステップB1）、コントローラ21によって、ドロップ（スルー）方向についての立ち上げ制御（図9に示すステップA2～A8）と、アド方向についての立ち上げ制御（図10に示すステップB2～B5）が実施される。なお、電源投入時において、光シャッター7、12はそれぞれOFF状態、可変光減衰器19-1はそれぞれ減衰量が無限大の状態（つまり、アド光の非出力状態）となっているものとする。

【0058】ここで、ドロップ（スルー）方向に着目すると、コントローラ21は、電源投入後、まず始めに、T-BRF部4（4'）の温度制御回路（図示省略）を駆動して、T-BRF部4（4'）の温度が一定になるよう制御する（温度変化による反射波長 $\lambda_i$ の変動を防止する：ステップA2）。次いで、コントローラ21は、WDM光の波長多重状態（波長多重数など）やドロップ（アド）対象の光波長 $\lambda_i$ についての情報設定を行ない（ステップA3）、スルー光用の可変光減衰器6の減衰量を無限大に制御する（ステップA4）。

【0059】かかる状態で、コントローラ21は、上記の情報設定内容に基づいてドロップ波長 $\lambda_i$ に対応するT-BRF40-1に対する印加電圧を制御してドロップ波長 $\lambda_i$ の光がT-BRF40-1にて反射されるようT-BRF部4（4'）の電圧制御（反射波長制御）を行なう（ステップA5）。このとき、具体的に、コントローラ21は、スペクトラムアナライザ17によってモニタされるドロップ光パワーが最大となり、且つ、スペクトラムアナライザ15によってモニタされるスルー光パワーが最大（ドロップ光パワーが最小）となるように、上記の電圧制御を行なう。これにより、極めて正確にドロップ波長の光のみをT-BRF部4（4'）にて反射させることが可能となる。

【0060】一方、このとき、アド方向の立ち上げ制御に着目すると、コントローラ21は、図10に示すように、電源投入後、まず、波長多重部20の温度制御回路（図示省略）を駆動して波長多重部20の温度が一定になるよう制御することによって、温度変化による波長多重状態の変動を防止し（ステップB2）、次いで、コントローラ21は、WDM光の波長多重状態（波長多重数など）やドロップ（アド）対象の光波長 $\lambda_i$ についての情報設定を行なう（ステップB3）。

【0061】そして、OADM1の電源投入後のウォームアップ完了が確認されると、コントローラ21は、光シャッター7、12をそれぞれON状態に制御し（ステップA6）、スペクトラムアナライザ16でモニタされる

送信WDM光のスペクトルに基づいて、スルー光パワーとアド光パワーとの比率が適切な値（同じパワー）となり、送信WDM光パワーが予め設定された最適な状態（パワー）となるまで、帰還制御によって、可変光減衰器6、19-1の減衰量を無限大の状態から徐々に減少させてゆき（スロープ制御；ステップA7、ステップB4）、その後は、上記の状態が維持されるよう上記帰還制御状態が維持される（ステップA8、ステップB5）。

【0062】このようにして、ドロップ（スルー）／アド波長の設定が完了すると、OADM1は運用状態となる。即ち、光アンプ2で増幅された光伝送路22からのWDM光は光サークキュレータ3を経由してT-BRF部4に入力され、このT-BRF部4においてドロップ波長 $\lambda_1$ の光が反射されて光サークキュレータ3に戻り、図8により上述したように光サークキュレータ3'及びT-BRF部4'を経由したのち、波長分離部13へ出力されて、1波毎に分離され光受信機14-1にて受信される。

【0063】一方、T-BRF部4にて反射されなかったスルー光は、光合波部8にて、波長多重部20からのアド光と合波されたのち、光アンプ10で規定の送信パワーにまで増幅されて光伝送路23へ送信される。そして、将来の通信需要の変化などによってドロップ（スルー）／アド波長 $\lambda_1$ に変更が必要となつた場合は、該当T-BRF部4-1に対する印加電圧を制御するだけで、従来のように光デバイスの交換や増設／減設などを必要とせず、その変更に対応することができる。

【0064】以上のようにして、低損失で、しかも、任意波長 $\lambda_1$ の光をその他の波長 $\lambda_k$ の光に影響を与えずにアド／ドロップすることのできるOADM1が実現される。なお、上記のスペクトラムアナライザ15～17は、T-BRF部4（4'）の反射波長の微調整や、装置環境の変化や経年変化などによって生じる反射波長のずれの補正などにも利用することができ、これにより、長期間の運用にも十分対応可能なOADM1を実現できる。

【0065】また、上述した例では、スペクトラムアナライザ15～17により、ドロップ光、スルー光および送信WDM光の全てをモニタしているが、これらの一部のものをモニタするようにしてもよい。即ち、例えば、スルー光用のスペクトラムアナライザ15は省略して、ドロップ光用のスペクトラムアナライザ17でモニタしたスペクトルによりドロップ波長 $\lambda_1$ のピークが最大となるようにT-BRF部4（4'）の印加制御を制御してもよいし、逆に、ドロップ光用のスペクトラムアナライザ17は省略して、スルー光用のスペクトラムアナライザ15でモニタしたスペクトルによりドロップ波長 $\lambda_1$ に該当するパワーピークが最小となるようにT-BRF部4（4'）の印加制御を制御してもよい。ま

た、送信WDM光用のスペクトラムアナライザ16を省略することも可能である。

【0066】さて、ここで、一般に、WDM光の各波長の変調速度が10 Gbps以上になると、分散補償を行なう必要があるため、分散補償器（一般にはDCF）が必要になる。この分散補償は、波長毎の群速度の差を補償することができればよいので、これについてもT-BRF部4の原理を利用すれば実現できる。即ち、各T-BRF部4-1における反射波長 $\lambda_1$ の反射位置を微妙にずらすことで実現できる。例えば図11に示すように、光導波路40の一方の面に必要な分散補償量に合った複数の電極411を設け、これらの電極411間を、或る抵抗値 $r$ をもつように接続してT-BRF部4-1を構成し、その電極411に或る電位差（ $|V_1 - V_2|$ ）をかけることで、光導波路40に対してスロープ状に電界を加えて反射波長と反射位置の関係を故意にずらすことができる。

【0067】このように構成したT-BRF部4-1は、特定波長の光が電極411に対応する複数の位置で反射されることになるので、上記電位差を制御して電界スロープ（分散スロープ）を調整すれば、1波長についての分散を補償することも可能になる。従って、例えば図12に示すように、このT-BRF部4-1をドロップ波長数（ $n$ ）分だけ多段に直列接続すれば、入力WDM光の各波長 $\lambda_1$ の分散をそれぞれ補償することが可能となる。

【0068】つまり、この場合のT-BRF部4-1は、印加電圧によって反射波長 $\lambda_1$ が可変の可変光反射デバイスとしての機能と、その波長の分散を補償する分散補償器としての機能とを兼用していることになる。従って、10 Gbps以上の変調速度で変調されたWDM光について、DCFを個別に設けることなく、反射波長（ドロップ波長） $\lambda_1$ の光の分散を補償することが可能となり、分散補償可能なOADM1を小型且つ安価に実現することができる。また、この場合は、DCFを個別に設けることによる挿入損失もないので、低損失性も維持される。

【0069】以下、その具体的な実現手法について説明する。図13は分散補償器としての機能を持つT-BRF部4A（以下、分散補償T-BRF部4Aということがある）の構成を模式的に示す平面図、図14はこの図13に示す分散補償T-BRF部4AのB-B矢視断面を部分的に拡大して示す模式図である。

【0070】これらの図13及び図14に示すように、本分散補償T-BRF部4Aも、入力光（WDM光）を導波するコア層40aとこのコア層40aの両面に設けられたクラッド層40b、40cとを有して成る光導波路40をそえたとともに、この光導波路40の一方（クラッド層40b側）の面に光導波路40と交差するよう間隔 $x_i$ 毎に設けられた複数の電極部44-1

と、他方(クラッド層40c側)の面部に接合された基板状の電極42とをそなえて構成されている。

【0071】そして、上記の電極44-1は、図15に模式的に拡大して示すように、それぞれ所定の抵抗値を有する1本の電極411がつづら折り状に折り曲げられて形成されており、この電極411の折り曲げ部分が周期的にクラッド層40b側の面部にボンディングされて形成されている。なお、図14において、符号412は電極411間にむき出しになっているクラッド層40cを保護するための保護被膜を表す。

【0072】このような構成を採ると、図11及び図12に示す構成と等価の構成が実現される。なお、図14中に拡大して示すように、上記の電極411はそれぞれV字エッチング(カット)などによって形成することも可能である。ただし、この場合、V字エッチングの頂点は、コア層40aを伝播する光に影響を与えぬよう少なくともコア層40aとクラッド層40bの境界面から十分な距離を保つよう形成する必要がある。

【0073】また、他の構成法としては、例えば図16に示すように、或る抵抗値(率) $\rho$ をもつ導体410上に、電位をかける端子410a、410bを残して複数の電極411を周期的にボンディングすることが考えられる。このようにしても、図11及び図12に示す構成と等価の構成を実現することが可能である。なお、この図16においてV1〜V5は導体410の両端子410a、410bに電位をかけたときに導体410上の電位がスロープに変化していることを表わしている。

【0074】また、この場合も、WDM光の波長多重数が多くなると図7により前述したように波長毎の光学経路の違いによってロスが異なり波長依存性の損失差(チルト)が生じるため、図8により前述したものと同様、図17に示すように、分散補償T-BRF部4Aと同じものを逆に(分散補償T-BRF部(分散補償逆光反射部)4Bとして)光サーキュレータ3'を介して接続して、上記チルトをキャンセルするようにしてもよい。

【0075】さて、これまで、OADM1(アド/ドロップ/スルー機能)に限定して説明を行なったが、光クロスコネクタ機能を実現する場合においても、上述したようなT-BRF部4を用いて実現できる。即ち、図18

(A)に示すように上述したT-BRF部4を用いて構成された複数(この場合は4つ)のOAD(Optical Add Drop)回路31A〜31Dを、図18(B)に示すように、図19に示す構成を有する光クロスコネクタ回路32に対して接続して、光クロスコネクタ装置1'を光分岐/挿入装置の一種として構成する。

【0076】ここで、図19に示す光クロスコネクタ回路32において、32a〜32cはそれぞれ光サーキュレータ3と同様の特性を有する光サーキュレータ、33は入力光を3分岐する光カプラを表す。なお、本光ク

ロスコネクタ回路32の構成はOAD回路31Aとの接続関係に着目した構成であり、OAD回路31B〜31Cとの接続関係に着目した構成も同様に構成されているものとする。

【0077】このような構成により、光クロスコネクタ回路32では、例えば、OAD回路31AのT-BRF部4で反射された反射(ドロップ)光が、入力ポート“D”を通じて光カプラ33に入力され、この光カプラ33にて3分岐されてそれぞれ光サーキュレータ32a〜32cを経由してT-BRF部4'へ入力され、そのT-BRF部4'で反射されて出力ポート“A”〜“C”へ出力される。

【0078】そして、図18(B)に示すように、出力ポート“A”から出力された光は受信波長(チャンネル)として受信され、出力ポート“B”から出力された光はアド光としてOAD回路31Dの光カプラ8に入力され、出力ポート“C”から出力された光はアド光としてOAD回路31Bの光カプラ8に入力される。ここで、各T-BRF部4'に対する印加電圧を制御してT-BRF部4'での反射波長 $\lambda$ を制御すれば、任意の波長 $\lambda$ を出力ポート“A”〜“C”へ出力することが可能になる。つまり、OAD回路31A〜31Dへの入力光(WDM光)のうち任意の波長 $\lambda$ の光を任意の4方路のいずれかへクロスコネクタすることが可能となる。

【0079】しかも、この場合は、T-BRF部4を用いることで、低損失で将来の通信需要の変化によるクロスコネクタ波長(反射波長) $\lambda$ 1の変更に対しても、T-BRF部4に対する印加電圧制御のみで柔軟に対応することが可能である。なお、上記のT-BRF部4、4'は、分散補償器としても機能するT-BRF部4A、4Bに置き換えてもよい。このようにすれば、光クロスコネクタ装置1'においても、DCFなどを個別に設けずに、10Gb/s以上の変調速度で変調されたWDM光にも対応できる。また、図18(A)に示すT-BRF部4(4A)についても、前述した図6や図8(図17)に示す構成にしてもよく、それぞれと同様の作用効果を得ることができる。

【0080】ところで、上記の出力ポート“A”からの光は、その局での受信のために各波長に分離する必要がある(例えば、前記のOADM1における波長分離部13に相当する回路が必要である)。このため、前述したAWG(アレイ導波路)フィルタなどを用いて波長毎に分離することも考えられるが、このようにパッシブなAWGフィルタなどの光デバイスを用いる場合、WDM光の波長多重数が100波長分あると仮定すると、100種類の波長のどの波長をドロップしてもよいように、100波長の波長分離が可能な光デバイスを用意しなければならず、また、100波長のドロップポートのために100個の光コネクタを用意しなければなら

くなる。従って、この部分だけでかなりの実装スペースを費やしてしまう。

【0081】しかし、実際にOADM1や光クロスコネクタ装置1'としての機能を有するノードを用いて構成されるWDMネットワークにおいて、WDM光の最大波長多重数が100波長であったとすると、通常、各ノードでドロップすべき波長数は、100波長よりも少ない波長数でよい。なお、このことは、アド側においても同様である。

【0082】つまり、例えば、各ノードの最大アド/ドロップ波長数を仮に最大16波長とすれば、T-BRF部4での反射波長を任意に変更できることから、その16波長の分離ができ16ポート分の光コネクタを用意すれば良いことになる。そこで、例えば図20に示すように、波長分離部13a及び波長多重部20a(図1に示すOADM1では波長分離部13及び波長多重部20に相当)をそれぞれ、必要波長数分(16個)の光サードキュレータ34を介してT-BRF部4'をカスケード接続した構成にすれば、必要なアド/ドロップ波長数のみの光コネクタを配置すればよくなる。

【0083】これにより、波長多重/分離に必要な回路規模をAWGフィルタなどのパッシブな光デバイスを用いる場合に比して大幅に縮小することができ、光クロスコネクタ装置1'やOADM1の大幅な小型化を図ることができる。なお、図20に示す構成においても、T-BRF部4や4'は、T-BRF部4A、4Bに置き換えて、分散補償機能をもたせるようにしてもよい。また、波長分離部13a(13)や波長多重部20a(20)に用いるT-BRF部4'(4B)については必ずしも反射波長が可変のものである必要はなく、固定のものでもよい。

【0084】・その他

上述した実施形態では、T-BRF部4(4', 4A, 4B)が複数波長対応になっているが、アド/ドロップ対象の光が1波のみであれば、1波対応のものでよい。つまり、T-BRF部4(4', 4A, 4B)には、T-BRF 400-1(40'-1)が1つだけ設けられていればよい。

【0085】また、上述した実施形態では、T-BRF部4AのT-BRF 40'-1が、可変光反射デバイスとしての機能と、その波長の分散を補償する分散補償器としての機能とを兼用しているが、勿論、分散補償機能に特化して使用することも可能である。そして、本発明は上述した実施形態に限定されず、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0086】・付記

【付記1】 入力された波長多重光に対する反射波長が可変の反射波長可変型光反射部と、該反射波長可変型光反射部による反射光を該波長多重光の分岐光として取り出す光分岐部と、該反射波長可変型光反射部で反射され

ずに通過してきた通過光に、該分岐光に対応する波長の光を挿入光として付加する光挿入部と、該反射波長可変型光反射部の反射波長を光分岐対象の波長に制御する反射波長制御部とをそなえたことを特徴とする、光分岐/挿入装置。

【0087】【付記2】 該反射波長可変型光反射部が、それぞれ該波長多重光に対する反射波長が可変で該波長多重光の波長多重数に応じた複数の可変光反射デバイスが相互に直列接続されて構成されるとともに、該反射波長制御部が、該光分岐対象の波長に対応する可変光反射デバイスの反射波長を該光分岐対象の波長に制御するように構成されたことを特徴とする、付記1記載の光分岐/挿入装置。

【0088】【付記3】 該可変光反射デバイスが、それぞれ、非電圧印加時において該反射波長が該波長多重光の異なる波長間に位置し、印加電圧に応じて該反射波長が変更される可変ブラッグ反射フィルタとして構成されるとともに、該反射波長制御部が、光分岐時において該光分岐対象の波長を含む波長間に該反射波長が位置する可変ブラッグ反射フィルタに電圧を印加して該反射波長を該光分岐対象の波長に変更するように構成されていることを特徴とする、付記2記載の光分岐/挿入装置。

【0089】【付記4】 該可変光反射デバイスが、それぞれ、非電圧印加時において同じ反射波長を有し、印加電圧に応じて該反射波長が変更される可変ブラッグ反射フィルタとして構成されるとともに、該反射波長制御部が、非光分岐時において該可変ブラッグ反射フィルタの該反射波長がそれぞれ該波長多重光の異なる波長間に位置し、光分岐時において該光分岐対象の波長を含む波長間に該反射波長が位置する可変ブラッグ反射フィルタに電圧を印加して該反射波長を該光分岐対象の波長に変更するように構成されていることを特徴とする、付記2記載の光分岐/挿入装置。

【0090】【付記5】 該分岐光の出力を禁止する分岐光出力禁止部が設けられたことを特徴とする、付記4記載の光分岐/挿入装置。

【付記6】 該反射波長可変型光反射部と該光挿入部との間に、該通過光の出力を禁止する通過光出力禁止部が設けられたことを特徴とする、付記4記載の光分岐/挿入装置。

【0091】【付記7】 該光分岐部からの該分岐光を入力とし、該反射波長可変型光反射部での該可変光反射部がもつ反射位置特性とは逆の反射位置特性をもった逆光反射部が設けられたことを特徴とする、付記2～6のいずれか1項に記載の光分岐/挿入装置。

【付記8】 該光分岐部からの該分岐光、該反射波長可変型光反射部を通過した通過光及び該光挿入部からの波長多重光のうちの一部もしくは全てのスペクトルをモニタするモニタ手段が設けられるとともに、該反射波長制

御部が、該モニタ手段でのスペクトルモニタ結果に基づいて該反射波長の制御を行なうように構成されたことを特徴とする、付記2～7のいずれか1項に記載の光分岐／挿入装置。

【0092】〔付記9〕 該可変光反射デバイスに、波長依存性の反射位置特性をもたせたことを特徴とする、付記2～8のいずれか1項に記載の光分岐／挿入装置。

〔付記10〕 該可変光反射デバイスが、それぞれ、該波長多重光を導波するとともに該反射波長の光を反射する光導波路と、該光導波路の近傍において該光導波路の導波方向にそれぞれ抵抗を介して相互に直列接続された複数の電極とをそなえて構成されるとともに、該反射波長制御部が、該複数の電極に対して所定の電位差をかけることで、該反射波長の光を該複数の電極に対応する複数の位置で反射させるように構成されたことを特徴とする、付記9記載の光分岐／挿入装置。

【0093】〔付記11〕 入力された波長多重光を導波するとともに或る波長の光を反射する光導波路と、該光導波路の近傍において該光導波路の導波方向にそれぞれ抵抗を介して相互に直列接続された複数の電極とをそなえて構成されたことを特徴とする、光反射デバイス。

【0094】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、入力された波長多重光に対する反射波長が可変の反射波長可変型光反射部の反射波長を、光分岐対象の波長に応じて制御することによって、分岐光の波長を変更することができるので、通信需要の変化などによって分岐光波長に変化が生じても従来のように光反射デバイスの交換や増設／減設を要することなく、波長多重光信号から任意波長の光を自由に選んで分岐することができる。

【0095】ここで、上記の反射波長可変型光反射部に用いる可変光反射デバイスを、それぞれ、非電圧印加時において反射波長が上記波長多重光の異なる波長間に位置し、印加電圧に応じてその反射波長が変更される可変ブラッグ反射フィルタとして構成して、光分岐時において光分岐対象の波長を含む波長間に反射波長が位置する可変ブラッグ反射フィルタに電圧を印加してその反射波長を光分岐対象の波長に変更するようにすれば、低損失で、しかも、任意波長の光をその他の波長の光に影響を与えずに分岐することのできる光分岐／挿入装置が実現される。

【0096】なお、上記の可変光反射デバイスは、それぞれ、非電圧印加時において同じ反射波長を有し、印加電圧に応じて反射波長が変更される可変ブラッグ反射フィルタとして構成して、非光分岐時においてこれらの各可変ブラッグ反射フィルタの反射波長がそれぞれ上記波長多重光の異なる波長間に位置し、光分岐時において光分岐対象の波長を含む波長間に反射波長が位置する可変ブラッグ反射フィルタに電圧を印加してその反射波長を光分岐対象の波長に変更することでもできる。このようにす

れば、可変ブラッグ反射フィルタの初期の反射波長は全て同じでよいので、反射波長が異なるものを個別に製造する場合よりも、その製造コストを大幅に削減することができる。

【0097】また、本発明では、分岐光の出力を禁止する第1光出力禁止部を設けてもよいし、反射波長可変型光反射部と光挿入部の間に、波長多重光の出力を禁止する第2光出力禁止部を設けてもよく、このようにすれば、電源投入時などにおいて上記の反射波長の衝突が起こってもそのときの分岐光や反射光が通過する波長多重光を出力しないようにすることができるので、信頼性及び安全性の向上に大きく寄与する。

【0098】さらに、本発明では、光分岐部からの分岐光を入力とし、上記の可変光反射デバイスの接続順に応じて決まる反射位置特性とは逆の反射位置特性をもった逆光反射部を設けてもよい。この逆光反射部を設けることで、反射波長の反射位置の違いによって分岐光に生じる波長毎の損失差を逆光反射部でキャンセルすることができるので、分岐光の波長毎のパワーを一様にする事ができる。従って、伝送距離に応じて一部の波長にのみエラが生じるような現象を回避することができる。

【0099】また、本発明では、光分岐部からの分岐光、反射波長可変型光反射部を通過した通過光及び光挿入部からの波長多重光のうちの二部もしくは全てのスペクトルをモニタして、そのスペクトルモニタ結果に基づいて上記の反射波長の制御を行なうようにしてもよく、このようにすれば、極めて正確に光分岐対象の波長の光のみを反射波長可変型光反射部にて反射させ、光挿入部からの送信すべき波長多重光のパワーを最適な状態に調整したりすることができる。また、可変光反射デバイスの反射波長の微調整や、装置環境の変化や経年変化などによって生じる反射波長のずれの補正などを行なうこともでき、長期間の運用にも十分対応可能な光分岐／挿入装置を実現できる。

【0100】なお、上記の可変光反射デバイスには、波長依存性の反射位置特性をもたせてもよい。具体的には、例えば、光導波路の近傍において導波方向にそれぞれ抵抗を介して相互に直列接続された複数の電極に対して所定の電位差をかけて、上記反射波長の光を上記複数の電極に対応する複数の位置で反射させるようにする。このようにすれば、可変光反射デバイスにおいて、1波長についての分散を補償することも可能になり、分散補償も可能な光分岐／挿入装置を、分散補償ファイバなどを別個に設ける場合に比して、小型且つ安価に実現することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係る光分岐／挿入装置としてのOADMの構成を示すブロック図である。

【図2】図1に示すチューナブルブラッグ反射フィルタ（T-BRF）部を模式的に示す平面図である。

【図 3】図 2 に示す T-BRF 部の A-A 矢視断面を部分的に拡大して示す模式図である。

【図 4】図 2 及び図 3 に示す T-BRF 部の構成を簡略化して示すブロック図である。

【図 5】図 3 に示すグレーティングのデフォルト反射波長の波長配置を説明するための図である。

【図 6】図 4 に示す T-BRF 部を多段接続した構成を示すブロック図である。

【図 7】図 4 に示す T-BRF 部においてドロップ光パワーに波長毎のチルトが発生することを説明するための

ブロック図である。

【図 8】図 7 に示すドロップ光パワーのチルトをキャンセルするための構成を示すブロック図である。

【図 9】図 1 に示す OADM の動作（ドロップ/スルー方向）を説明するためのフローチャートである。

【図 10】図 1 に示す OADM の動作（アド方向）を説明するためのフローチャートである。

【図 11】本実施形態に係る分散補償機能をもった T-BRF 部の構成を模式的に示すブロック図である。

【図 12】図 11 に示す T-BRF 部を多段接続した構成を示すブロック図である。

【図 13】図 11 に示す T-BRF 部を実現する構成の一つを模式的に示す平面図である。

【図 14】図 13 に示す T-BRF 部の B-B 矢視断面を部分的に拡大して示す模式図である。

【図 15】図 13 に示す電極部を拡大して示す模式的平面図である。

【図 16】図 11 に示す T-BRF 部を実現する他の構成を説明するための模式的平面図である。

【図 17】図 11 に示す T-BRF 部において生じる波長毎の光パワーのチルトをキャンセルするための構成を示すブロック図である。

【図 18】(A)、(B) はいずれも本実施形態に係る光クロスコネクタ装置の構成を示すブロック図である。

【図 19】図 18 に示す光クロスコネクタ回路の構成例を示すブロック図である。

【図 20】本実施形態に係る光クロスコネクタ装置（OADM）の光波長多重分離機能に着目した構成を示すブロック図である。

【図 21】従来の OADM の構成例を示すブロック図である。

【図 22】従来の OADM の他の構成例を示すブロック図である。

【図 23】ブラッグ反射フィルタを用いた従来の OADM の構成を示すブロック図である。

# 【符号の説明】

1 OADM (Optical Add Drop Multiplexer; 光分岐/挿入装置)

1' 光クロスコネクタ装置

2, 10 光アンプ

3 光サーキュレータ (光分岐部)

3', 32a~32c, 34 光サーキュレータ

3a~3c 光ライン

4 チューナブルブラッグ反射フィルタ (T-BRF) 部 (反射波長可変型光反射部)

4' チューナブルブラッグ反射フィルタ (T-BRF) 部 (逆光反射部)

4A (分散補償) T-BRF 部

4B (分散補償) T-BRF 部 (分散補償逆光反射部)

5, 9, 11, 33 光カブラ

6, 19-1~19-n 可変光減衰器

7 光シャッタ (通過光出力禁止部)

8 光合波部 (光カブラ; 光挿入部)

12 光シャッタ (分岐光出力禁止部)

13, 13a 波長分離部

14-1~14-n 光受信機

15~17 スペクトラムアナライザ (モニタ手段)

18-1~18-n 光送信機

20, 20a 光波長多重部

21 コントローラ

21a 反射波長制御部

21b 光シャッタ制御部

21c 可変光減衰器制御部

22, 23 光伝送路

31A~31D OAD (Optical Add Drop) 回路

32 光クロスコネクタ回路

40 光導波路

40a コア層

40b, 40c クラッド層

40-1~40-n, 40'-1~40'-n チューナブルブラッグ反射フィルタ (T-BRF)

41-1~41-n, 42, 411 電極

43-1~43-n グレーティング

44 複電極

44-1~44-n 電極部

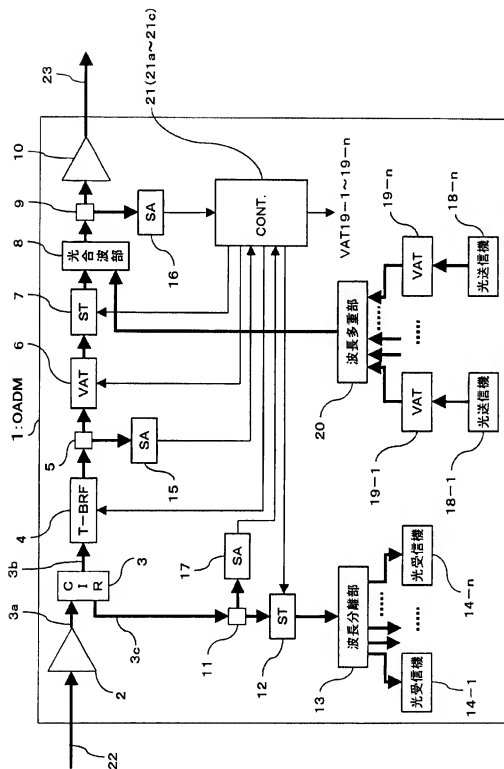
410 導体

410a, 410b 端部

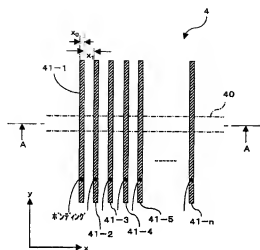
412 保護被膜



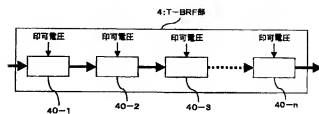
【図1】



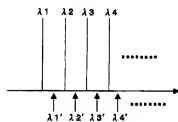
【図2】



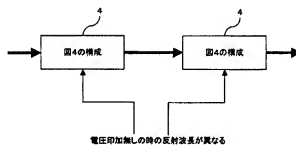
【図4】



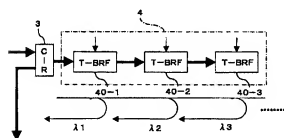
【図5】



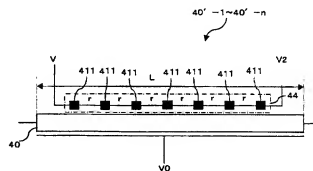
【図6】



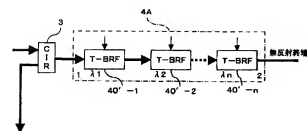
【図7】



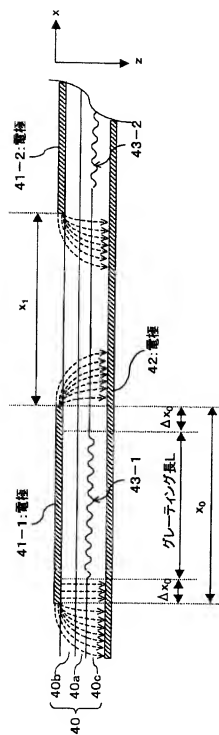
【図11】



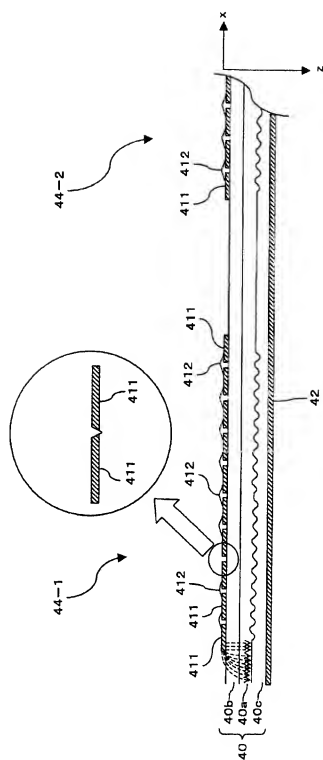
【図12】



【図3】

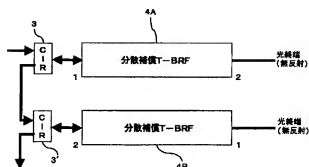


【図14】

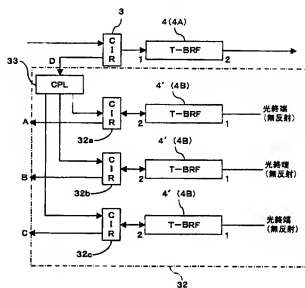




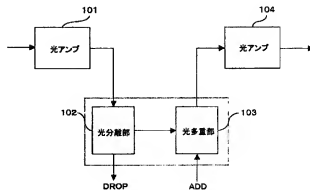
【图 1-7】



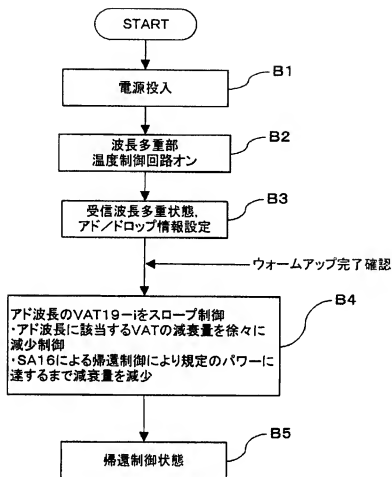
【例 19】



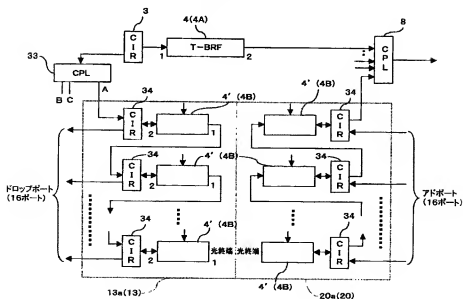
【图 2-1】



【図10】

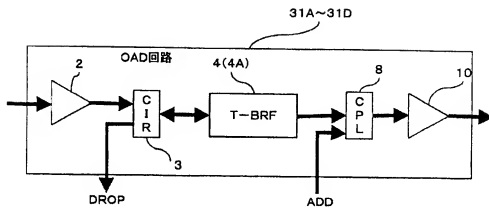


【図20】

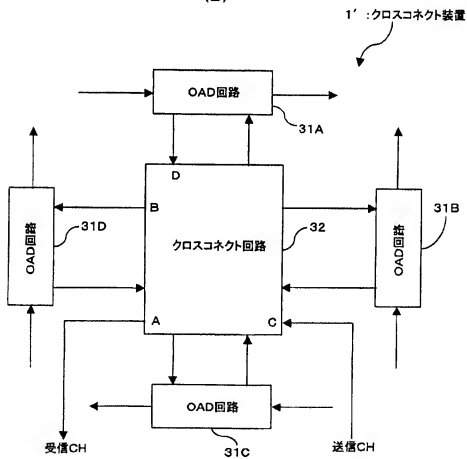


【図18】

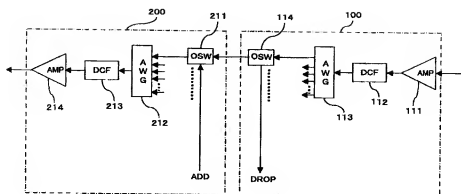
(A)



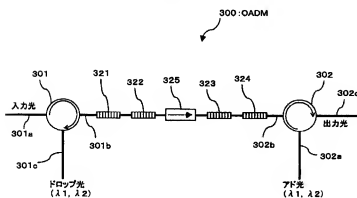
(B)



【図22】



【図23】



フロントページの続き

(51)Int.C1.<sup>7</sup>

H04J 14/02

識別記号

F I

テーマコード(参考)

Fターム(参考) 2H079 AA02 AA12 BA01 CA07 DA02  
EA03 EB15 FA04 GA01 HA07  
KA08 KA20  
2K002 AA02 AB34 BA06 DA06 EA07  
EB12 HA03  
5K002 AA01 AA03 BA02 BA04 BA05  
BA21 CA01 CA14 DA02 FA01